



Voly rakotra

**Mise au point,
évaluation
et diffusion**



des techniques agro-écologiques à Madagascar

Articles et posters présentés au troisième congrès mondial
d'agriculture de conservation, Nairobi, Kenya, Octobre 2005



Edité par Olivier Husson et Rakotondramanana

Photos: Olivier Husson

Octobre 2006



Groupement Semis Direct de Madagascar



Conscients de l'intérêt de renforcer leurs capacités et de coordonner leurs activités, les principaux organismes impliqués dans la recherche, la formation et la diffusion de l'agro-écologie à Madagascar se sont groupés en une association à but non lucratif (type 60-133). Le Groupement Semis Direct de Madagascar a été créé en 2000 par :



L'ANAE: Association Nationale d'Actions Environnementales



FAFIALA: Le Centre d'expérimentation et de diffusion pour la gestion paysanne des *Tanety*



FIFAMANOR: Le Centre de recherche et de développement rural en agriculture et en élevage



FOFIFA: Le Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural



TAFA: Terre et Développement, l'ONG à l'origine de la mise au point des techniques de Semis Direct sur Couverture Végétale Permanente (SCV) à Madagascar.

Ils ont par la suite été rejoints par des sociétés privées:

BRL Madagascar: Bas-Rhône Languedoc- Madagascar



SD-Mad: Semis Direct de Madagascar



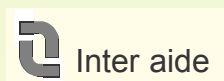
VERAMA: Les Vergers d'Anacardes de Masiloka



des ONG internationales:



VSF-CICDA: Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières



Inter Aide Agricole

et plus récemment par le GRET: Le Groupe de Recherches et d'Echanges Technologiques **GRET**

et CARE International Madagascar



Depuis sa création, le GSDM est appuyé par le CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) et il reçoit depuis 2002 le soutien de l'AFD (Agence Française de Développement), du FFEM (Fond Français pour l'Environnement Mondial) et du MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche) au travers du projet « d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar » auxquels s'ajoute le Ministère des Affaires Etrangères Français (MAE) en particulier dans le cadre du Programme Transversal Agro-écologie.

Rappels

Madagascar, début 1989, " l'Ile Rouge saigne "...

En effet, la Grande Ile affiche dans son espace rural, les stigmates malheureusement largement partagés par la plupart des pays du Sud, d'une grande souffrance : exploitations agricoles à la productivité très faible, milieu fortement dégradé avec les plaies béantes des "lavaka", cours d'eau chargés de boues rouges et des populations accablées de pauvreté ! Et liés à cet état, des pratiques agricoles maladroites, un niveau d'utilisation d'intrants des plus bas de la planète, un recours exagéré au feu, une déforestation rapide, une érosion multifforme et dévastatrice.

Une telle situation a de tous temps interpellé responsables politiques et agronomes et mobilisé avec les populations concernées, des générations de chercheurs, décideurs et développeurs, autour d'un combat sans relâche pour un redressement de la situation; fait pour les uns d'une multitude de travaux et initiatives portant une grande diversité de solutions faisant de Madagascar le dépositaire d'un patrimoine scientifique historique unique au monde s'agissant de la lutte contre érosion et baisse de fertilité des sols, pour les autres, de formidables travaux de " façonnement " des paysages ruraux, ce combat malheureusement est resté vain .

C'est dans ce contexte que soudain, un message fort est porté par Lucien SEGUY, agronome - chercheur du CIRAD en activité au Brésil, et engagé sur des appuis périodiques aux programmes de recherche en coopération menés entre FOFIFA et CIRAD à Madagascar .

Ne serait-il pas opportun de s'engager, à Madagascar, sur le projet d'ajuster à l'échelle des petites exploitations agricoles malgaches (et africaines), les systèmes de semis direct sur couverture végétale permanente " brésiliens " construits pour des agricultures industrielles, et assurant la protection totale des sols contre l'érosion, le redressement significatif, progressif et durable de la productivité des sols, une réduction conséquente de la durée et la pénibilité du travail de l'agriculteur?

Le défi ainsi lancé est aussitôt relevé, et c'est le début de l'aventure des "SCV" à Madagascar!

Une aventure avant tout humaine, celle de femmes et hommes se rapprochant pour partager la même ambition et la même conviction, habités de la même passion...

Dans la galerie de portraits, un certain nombre de figures marquantes !

- Lucien SEGUY d'abord, qui depuis 1990 inspire et accompagne de tout son savoir, son enthousiasme et de toute son énergie, la dynamique ainsi impulsée !

- Ses premiers interlocuteurs nationaux ensuite: la petite équipe des "Fermes mécanisées" de "l'Opération Blé" de la Société KOBAMA avec Pierson RAKOTONDRALAMBO, "l'ancien", le "leader" et qui allait pendant plus de 10 ans être l'âme, l'animateur de toute la démarche, ses trois collègues plus jeunes, Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA et Hubert RAZAFINTSALAMA, et leur collègue français, agronome de la SATEC, Patrick JULIEN, tous engagés sous l'autorité bienveillante de leur patron de la KOBAMA, Ignace RAMAROSON, autre acteur majeur et l'un des promoteurs reconnus de l'aventure.

- Puis, autour de ce noyau dur, les "vagues" successives d'opérateurs venant grossir les rangs des pionniers : RAKOTONDRAMANANA (aujourd'hui Directeur Exécutif du GSDM), directeur de FIFAMANOR, intéressé par les systèmes mécanisés, Marthe ANDRIAMAHENINA, directrice de l'ONG FAFIALA, et son Conseiller suisse, Ruedi FELBER, séduits par l'idée de contrôler l'érosion des "tanety" en mariant plantes de couvertures et haies vives agroforestières, Koto RABEMANANJARA et Tahina RAKOTONDRALAMBO (ce dernier aujourd'hui Président du GSDM), patrons d'une ANAE en construction et à la recherche de thèmes à proposer pour leurs projets communautaires, François RASOLO (ancien directeur général) et Yvonne RABENANTOANDRO, directrice scientifique du FOFIFA, rejoignant leur partenaire CIRAD dans la belle aventure

- Et comment ne pas citer, s'agissant des acteurs "extérieurs", Roger MICHELLON, venu de La Réunion, Hubert CHARPENTIER venu de Côte- d'Ivoire, puis plus tard Olivier HUSSON venu du Vietnam et Krishna NAUDIN, venu du Cameroun, tous chercheurs agronomes du CIRAD, apportant leur expérience et leur savoir-faire au service de la construction de la démarche, sans oublier Claude CHABAUD(BRL Madagascar puis SD-Mad), formidable développeur?

- Enfin, personnages -clefs, ceux qui de leur position de décideur et financier, ont adhéré dès le départ à la démarche et en ont assuré un accompagnement des plus déterminants, au premier rang desquels, Monsieur Harison RANDRIARIMANANA, Ministre de l'Agriculture de l'Elevage et la Pêche à Madagascar et Monsieur Denis LOYER, aujourd'hui Chef de la division "Environnement et Ressources Naturelles" à l'AFD à Paris et Conseiller "secteur rural" auprès de l'agence d'Antananarivo au départ.

Une Aventure scientifique ensuite, démarche de Recherche-action simple au service d'une grande ambition "porteuse" d'une alternative novatrice, face à l'enjeu planétaire, de vaincre la très faible productivité des sols et des agricultures du Sud et la pauvreté persistante de leurs populations.

Et enfin, une Aventure faite d'une large panoplie de "produits", tant en terme de formations et expertises que de propositions très concrètes en réponse aux enjeux majeurs de développement et de gestion des ressources naturelles à Madagascar, tels,

- des systèmes de culture productifs et durables adaptés aux diverses situations agro-climatiques du pays tant pour les petites exploitations que pour les filières agro-industrielles, des systèmes adaptés aux situations extrêmes comme la valorisation des grandes étendues de rizières à mauvaise maîtrise d'eau, et celles des espaces "vides" de plusieurs régions du pays (Moyen-Ouest, Sud-Est...),

- des systèmes originaux proposés comme alternatives à la suicidaire pratique de la "défriche-brûlis" et au titre de la sécurité alimentaire dans les zones semi-arides.

Cette Aventure malgache se construit enfin sur la volonté d'un très large partage des bases ainsi établies d'une "Agriculture différente" pour les pays du Sud et du Nord.

Le présent document, qui reprend certains des "produits" évoqués plus haut, s'inscrit dans cette logique de "partage".

Jean-Louis Reboul
Assistant technique à Madagascar
Directeur Régional du CIRAD à Madagascar de 1989 à 1998

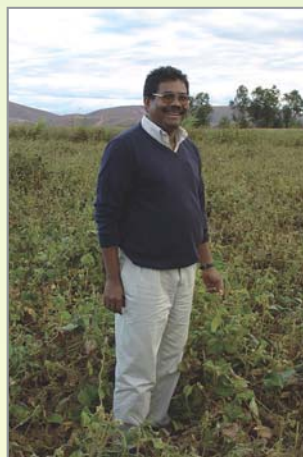
Les points de vue de...

Le Développement Rural, qui concerne 80% de la population, joue un rôle important dans l'économie de Madagascar. C'est pour cela que son Excellence, Le Président de la République, Marc RAVALOMANANA a initié la Vision "Madagascar Naturellement" et a fait la "Déclaration de Durban" à l'occasion de la conférence mondiale sur l'environnement en 2003 dans laquelle le Gouvernement s'est engagé, entre autres, à multiplier par 3 la surface des aires protégées à Madagascar. C'est également pour cette raison que le développement rural et la lutte contre la pauvreté ont été repris par la suite dans le MAP (Madagascar Action Plan), un document qui a reçu l'adhésion des principaux partenaires techniques et financiers de Madagascar.

Les techniques agro-écologiques sont des outils efficaces pour la restauration de la fertilité des sols, pour l'augmentation de la productivité et surtout pour la protection du capital "sol", notre principal capital.

Par conséquent, elles contribuent largement aux objectifs du millénaire pour le développement, et notamment l'amélioration de la sécurité alimentaire et du revenu des paysans.

Ce document donne un aperçu des principaux acquis de ces techniques mais sert aussi de fil directeur pour tous les acteurs de développement impliqués dans la protection des bassins versants à Madagascar.



Randriarimanana Harison E.
Ministre de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

L'agriculture de conservation - ou agroécologie - prend une place croissante dans les alternatives durables aux pratiques agraires peu respectueuses des ressources naturelles de la planète, qu'il s'agisse de pratiques précaires chez les plus pauvres ou de pratiques très productives en grandes cultures mécanisées.

Depuis la fin des années 1990, Madagascar a été le terrain de l'adaptation à la petite agriculture familiale des itinéraires de culture en semis direct sur couverture végétale permanente dans différents milieux contrastés de la grande île. Les itinéraires ainsi mis au point ont progressivement été testés avec les agriculteurs, permettant de cerner leurs avantages et contraintes suivant les écosystèmes, les types d'exploitations, les réalités foncières, la place de l'élevage, les capacités de financement et la disponibilité de la main d'œuvre, etc... Des adaptations des itinéraires en grandes exploitation ont également eu lieu.

C'est la rencontre et la collaboration soutenue entre chercheurs, techniciens et agriculteurs de Madagascar, du Brésil, de France et d'autres pays qui ont permis le développement progressif de cette nouvelle façon d'appréhender l'agriculture : en considérant les sols comme fondement vivant et dynamique, et non comme simple substrat inerte, l'agroécologie valorise les propriétés des plantes cultivées et des plantes de couverture et permet ainsi de s'affranchir du travail mécanique du sol et de préserver le " capital sol "

Avec le Projet de diffusion des techniques agroécologiques et le Programme National Bassins Versants Périmètres Irrigués, le Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche s'est engagé, avec l'appui des bailleurs de fonds, dans la promotion de ces techniques auprès des agriculteurs dans plusieurs régions de Madagascar.

Le Congrès de Nairobi a donné l'opportunité de partager les acquis et les expériences en termes d'itinéraires et de diffusion entre les différents pays et institutions qui s'intéressent à l'agroécologie. La publication de ce recueil de communications permettra de valoriser les expériences malgaches.

Denis Castaing
Directeur de l'Agence Française de Développement à Madagascar

Je suis très heureux de m'adresser à vous à travers cette page en vous souhaitant une bonne lecture de ces quelques actions et expériences qui concernent les systèmes de semis direct sous couvertures végétales (SCV) ou l'agroécologie ou l'agriculture de conservation... . puisqu'il existe une multitude d'appellations pour définir les systèmes de culture durables selon les pays. Et c'est pour moi un évènement important car tout ce qui est écrit ici implique tous les membres du Groupement Semis Direct de Madagascar (GSDM) et ses fidèles partenaires qui sont le Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche et l'Agence Française de Développement.

Sans discours ni théories, la contribution du GSDM dans le développement du pays se discerne à travers des actions simples et concrètes de chacun, une participation collective pour informer de l'existence d'une pratique agricole novatrice accessible à tout agriculteur.

La pratique des techniques SCV ne se réduit pas à une production agricole, il s'agit de gérer d'une manière durable une ressource qui n'attire pas beaucoup l'intérêt des scientifiques malgaches, le sol. Le présent recueil de connaissances en SCV se veut être un support de sensibilisation à destination du grand public. Il présente quelques résultats des travaux menés à ce jour. Il intéressera les décideurs comme les opérateurs qui souhaitent se lancer dans une entreprise agricole ambitieuse. Il se veut être source d'inspiration pour les chercheurs et étudiants avides d'un nouvel horizon prometteur pour le monde rural. Enfin il est conçu pour apporter une lumière à toute personne aimant la terre. Il s'agit alors de mettre en avant le fait que chacun peut et doit participer au développement durable - entreprises, collectivités mais aussi particuliers - chacun à son niveau, dans sa vie professionnelle et personnelle.

Je remercie ceux qui ont permis la naissance de ce recueil de documents et principalement la Direction Exécutive du GSDM et tous les membres du GSDM.

Merci à tous pour votre volonté et votre engagement.

Rakotondralambo Andriantahina
Président du GSDM

Table des matières

Rappels

Les points de vue de...

1. Le semis direct sur couverture végétale permanente : enjeux et potentiel pour une agriculture durable à Madagascar

2. Des systèmes innovants, rentables et protecteurs de l'environnement

2.1. Intercropping cassava with *Brachiaria* sp. on degraded hillsides in Madagascar

L'association Manioc-*Brachiaria* pour les collines dégradées de Madagascar

Charpentier H.; Rakotondramanana; Razanamparany C.; Andriantsilavo M.; Husson O. and Séguy L.

2.2. The use of *Cynodon dactylon* as soil cover for direct seeding in Madagascar

Utilisation du *Cynodon dactylon* comme couverture végétale pour semis direct à Madagascar

Rakotondramanana; Husson O.; Charpentier H.; Razanamparany C.; Andriantsilavo M.; Michellon R.; Moussa N. and Séguy L.

2.3. New rice varieties and cropping systems for paddy fields with poor water control in Madagascar

De nouvelles variétés de riz et des systèmes de culture pour les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau à Madagascar

Charpentier H.; Husson O.; Andriantsilavo M.; Chabaud C.; Ravanomanana E.; Michellon R.; Moussa N.; Rakotondralambo A. and Séguy L.

2.4. Conception de systèmes de culture sur couverture végétale permanente avec un minimum d'intrants sur les hautes terres Malgaches

Designing cropping systems based on direct seeding on permanent soil cover with minimum inputs for Madagascar highlands

Michellon R.; Ramaroson I.; Razanamparany C.; Moussa N. et Séguy L.

2.5. L'écobuage: une pratique à faible coût pour restaurer rapidement la fertilité du sol et augmenter la production

Soil smouldering: a low cost practice to rapidly increase soil fertility and production

Michellon R.; Moussa N.; Razanamparany C.; Razakamiaramanana; Husson O. et Séguy L.

3. Les effets du semis direct sur couverture végétale permanente

3.1. Soil carbon storage and physical protection according to tillage and soil cover practices (Antsirabe, Madagascar)

Stockage et protection physique du carbone en fonction des pratiques de culture et de couverture du sol (Antsirabe, Madagascar)

Razafimbelo T.M.; Albrecht A.; Feller C.; Michellon R.; Moussa N.; Muller B.; Oliver R. and Razanamparany C.

3.2. Impact of a Direct seeding, Mulch-based, Conservation agriculture (DMC) rainfed rice-based system on soil pest and Striga infestation and damage in Madagascar

Impact des systèmes de semis direct sur couverture végétale permanente à base de riz pluvial sur l'infestation et les dégâts des pestes et du Striga à Madagascar

Ratnadass A.; Andrianaivo A.; Michellon R.; Moussa N.; Randriamanantsoa R. and Séguy L.

4. L'approche terroir pour la diffusion des techniques de semis direct à Madagascar

4.1. An approach for creation, training and extension of systems based on direct seeding on permanent soil over in Madagascar

Une approche pour la création, la formation et la diffusion des systèmes à base de semis direct sur couverture végétale permanente à Madagascar

Husson O.; Michellon R.; Charpentier H.; Ramaroson I.; Razanamparany C.; Andriantsilavo M.; Moussa N. and Séguy L.

4.2. Une approche socio-éco-territoriale en appui à la diffusion des techniques agro-écologique au Lac Alaotra, Madagascar

A socio-eco-territorial approach as a support to extension of agro-ecological techniques in Alaotra Lake, Madagascar

Chabierski S. ; Dabat M.H.; Grandjean P.; Ravalitera A. and Andriamalala H.

5. Les SCV à Madagascar: quelques images



1^{ère} partie

Le Semis Direct sur Couverture Végétale Permanente

Enjeux et potentiel
pour une agriculture durable à Madagascar

Le Semis Direct sur Couverture Végétale Permanente



- 1 Site de référence: alternatives au tavy (Sud-Est)
- 2 Maïs + Stylosanthes guianensis (Moyen-Ouest)
- 3 Haricot sur avoine (Hauts plateaux)
- 4 Systèmes racinaires de riz Sebola 68 (gauche) et variété pluviale B 22 (Droite)
- 5 Site de référence dans le Sud-Ouest
- 6 Riz dans un bas-fonds drainé (Sud-Est)

Photo: H. Charpentier

sur Couverture Végétale Permanente

Enjeux et potentiel
pour une agriculture durable à Madagascar



Haricot sur pailles d'avoine, Hauts plateaux.

A Madagascar, la saturation et la stagnation des rendements des zones irriguées conduisent à une mise en culture de plus en plus fréquente et de plus en plus importante des Tanety. Erosion et ruissellement engendrent la dégradation de ces sols fragiles et causent des dégâts sur les infrastructures en aval. Le développement, pour et avec les agriculteurs, de solutions adaptées localement aux conditions agro-climatiques et socio-économiques, qui soient durables, économiquement rentables et facilement applicables, tout en préservant l'environnement, est un enjeu capital pour la Grande Île. C'est en cela que les techniques agro-écologiques de Semis Direct sur Couverture Végétale Permanente (SCV) ouvrent de nouvelles perspectives pour lutter contre la pauvreté rurale en protégeant le capital productif: la terre et les eaux.

La mise au point des techniques agro-écologiques à Madagascar



Maïs, manioc et arachide, Sud-Ouest

Les premiers tests de systèmes de cultures avec Semis Direct sur Couverture Végétale Permanente (SCV), inspirés des résultats obtenus au Brésil, ne datent à Madagascar que du début des années 1990, à Antsirabe sur les hauts plateaux.

Avec la création de TAFA (Terre et développement) en 1994, et un appui technique du CIRAD (en particulier des missions régulières de Lucien Séguy du Brésil), les zones d'essais allaient progressivement s'élargir:

- . Au climat semi-aride du Sud-Ouest: Tuléar à partir de 1995, puis Morondava en 1998.

- . Aux écologies de moyenne altitude avec longue saison sèche (Lac Alaotra et Moyen-Ouest), et

- . Au climat tropical humide du Sud-Est (Manakara et Mananjary) à partir de 1998.

En quelques années, et avec des moyens limités, une très large gamme de systèmes basés sur les techniques SCV était mise au point, pour les diverses écologies de Madagascar.



Haricot, soja et maïs à Betafo, Hauts plateaux.

"On a toujours entendu parler de recherche de solutions alternatives au tavy, ou bien de développement d'initiatives d'amélioration de la productivité des sols lessivés, etc.

Le projet 'Agro-écologie' est une réponse à ces questions et il contribue efficacement à la politique du Gouvernement ciblant la sécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté, notamment en milieu rural. En effet, les techniques de semis direct permettent de mettre en valeur des espaces jusque là laissés vides et à l'abandon, par conséquent soumis à l'érosion et au déclin perpétuel de la fertilité. Ces techniques offrent, entre autres, la possibilité de lutter contre le tavy, contre le Striga, et permettent la production vivrière dans des zones très marginales, notamment par l'introduction des nouvelles variétés. Autres atouts majeurs de ces techniques, c'est leur rentabilité pour les paysans et leur accessibilité, même aux plus démunis."

Randriarimanana, Harison E.; Ministre de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche.. Janvier 2005.

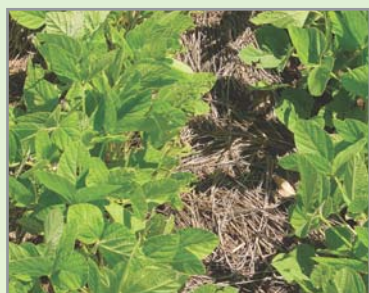
Riz pluvial sur écobuage, Lac Alaotra



Groupement Semis Direct Madagascar
Route d'Ambohipo
Lot VA 26 Y Ambatoroka
Antananarivo
Tél: 22 276 27
Contacts: gsdm@wanadoo.mg
Sites Web: www.cirad.mg/fr/scv.php
www.agroecologie.cirad.fr

2 Les principes du Semis Direct sur Couverture Végétale Permanente

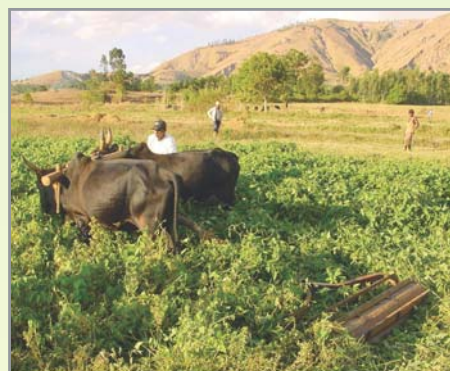
Levée
d'avoine
semée
dans des
résidus
de récolte,
Hauts
plateaux.



Soja sur couverture morte d'avoine,
Hauts plateaux

de cultures dérobées, légumineuses ou graminées utilisées comme "pompes biologiques" et qui valorisent les ressources hydriques disponibles.

Ces plantes ont des systèmes racinaires puissants et profonds et peuvent recycler les éléments nutritifs des horizons profonds vers la surface, où ils peuvent être utilisés par les cultures principales. Elles produisent également une importante biomasse et peuvent se développer en conditions difficiles ou marginales, comme durant les saisons sèches ou froides, sur des sols compactés, et sous une forte pression des adventices.



Roulage de *Vigna umbellata*
Lac Alaotra



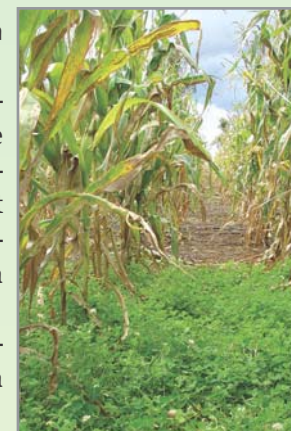
Semoir à
traction
animale



Roue
semeuse

culture attractive, rentable, protectrice de l'environnement et durable. Ces systèmes s'inspirent du mode de fonctionnement d'un écosystème forestier, tout en augmentant la production des plantes.

Dans ces systèmes, le sol n'est jamais travaillé et une couverture morte ou vivante est maintenue en permanence. La biomasse utilisée pour le paillage provient des résidus de cultures, de cultures intercalaires ou



Maïs sur couverture vive
de trèfle
Hauts plateaux

Riz sur paillage de Bozaka
(*Aristida* sp.)
Lac Alaotra



Système racinaire
de *Brachiaria ruziziensis*
Hauts plateaux



Système racinaire
d'*Eleusine coracana*
Sud-Ouest

La couverture peut être desséchée (coupée, roulée ou par pulvérisation d'herbicide en fonction des espèces et des moyens disponibles), ou gardée vivante mais contrôlée par une application à faible dose d'herbicides spécifiques. La biomasse n'est pas enfouie dans le sol mais est conservée en surface. Cela évite sa dilution, protège le sol et lui permet d'agir comme un réacteur biologique.

Les semis sont réalisés directement dans la paille, après ouverture d'un simple trou ou d'un sillon. Toute une gamme de semoirs (développée au Brésil) est testée à Madagascar, allant des semoirs motorisés pour les grandes exploitations, aux semoirs à traction animale, aux roues semeuses et aux cannes planteuses. Les agriculteurs les plus modestes peuvent également utiliser un simple bâton ou une *angady*.



Canne planteuse (*Tico-Tico*)



Semis au bâton dans la paille

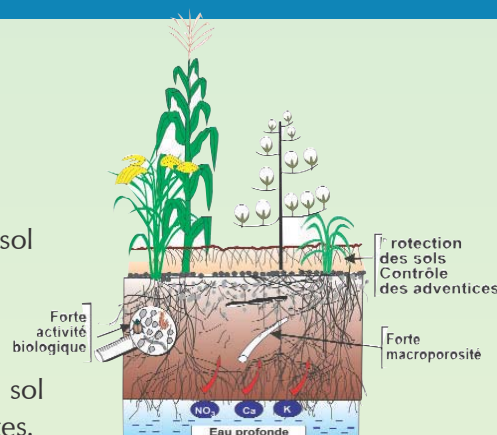


Conservation de l'humidité et forte activité biologique sous couverture, Sud-Ouest.

1/ Performances techniques

La couverture végétale permanente :

- protège le sol contre l'érosion
- augmente l'infiltration
- réduit l'évaporation
- réduit les variations de température du sol
- crée un environnement favorable au développement de l'activité biologique
- contrôle les adventices
- accroît le taux de matière organique du sol et fournit des éléments nutritifs aux plantes.



Puissant système racinaire d'Eleusine coracana.

Des plantes avec un système racinaire puissant, et une activité biologique intense participent à :

- l'amélioration de la structure du sol, en surface et en profondeur
- l'accroissement du taux de matière organique
- l'alimentation des cultures, au recyclage des nutriments lixiviés, particulièrement les nitrates et les bases, et à la mobilisation d'éléments peu assimilables comme le phosphore sur sols acides.
- l'utilisation de l'eau profonde du sol pour la production de biomasse durant la saison sèche.



Forte production de biomasse en saison sèche par la Dolique, Lac Alaotra

En conséquence, l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des nutriments est accrue. Les récoltes augmentent, et sont plus régulières.

2/ Considérations environnementales

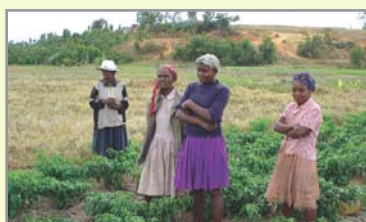
Cette agriculture agro-écologique propose des solutions pour les principaux défis que le monde doit affronter à court terme, et en particulier pour Madagascar grâce :

- au contrôle de l'érosion, la protection des sols et la régénération de leur fertilité au moindre coût
- à la réduction de l'agriculture itinérante et de la déforestation
- à la réduction de la consommation d'eau pour la production agricole, et aux productions pluviales dans les zones marginales
- à l'efficacité accrue de l'utilisation des engrais et pesticides, diminuant leur impact polluant et améliorant la qualité et la sécurité alimentaire
- à l'effet tampon pour les flux d'eau et la réduction des risques d'inondation
- à la récupération des sols marginaux laissés à l'abandon du fait de leur très faible fertilité naturelle
- à la séquestration du carbone et la réduction de l'effet de serre.

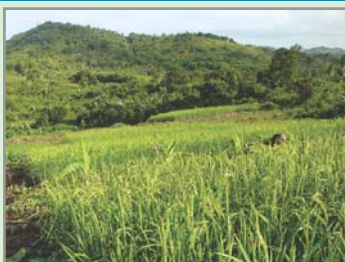
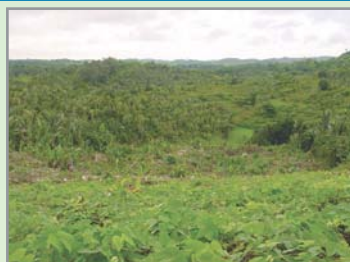
3/ Aspects sociaux et économiques

Un intérêt majeur de ces systèmes est qu'ils sont particulièrement attractifs sur le plan économique du fait de la réduction des temps de travaux et de leur pénibilité, de l'optimisation de l'organisation du travail (souplesse des calendriers et accès facilité aux champs), de l'augmentation de l'efficacité des intrants (engrais, pesticides) et de la possibilité de conduite avec un matériel très réduit (pas de charrue). En conséquence, ces systèmes procurent une meilleure rentabilité de la terre, du capital et du travail que les systèmes conventionnels tout en préservant l'environnement. Sur le plan social, la protection du sol est fondamentale : perdre sa terre condamne le paysan.

La large capacité d'adaptation de ces systèmes aux diverses conditions agro-écologiques, moyens de production, et niveaux d'intensification, les rend aussi accessibles aux différentes catégories d'agriculteurs, y compris les plus pauvres. De plus, le semis direct sur couverture végétale permanente est le premier moyen crédible et vulgarisable d'aboutir à une agriculture biologique qui permettrait aux moins favorisés d'augmenter la valeur ajoutée de leurs produits en se plaçant sur cette niche économique mondiale.



Maraîchage sur pailles de riz, Lac Alaotra



Semis de *Mucuna* en année 1 après défriche sans brûlis, puis semis direct de riz pluvial dans la *Mucuna* en année 2, Sud-Est

Les alternatives au Tavy

La pratique du Tavy, ne permet pas de maintenir les parcelles défrichées en culture plus de 2 à 3 ans et est une cause importante de déforestation. La technique agro-écologique de défriche sans brûlis permet de maintenir en place les sols et de conserver, voire d'augmenter leur fertilité. Après abattis, la biomasse est laissée en place et une plante de couverture est installée directement (*Mucuna* par exemple), couvrant le sol et y apportant de l'azote, tout en laissant opérer les processus de décomposition de la matière organique et en contrôlant les mauvaises herbes. En deuxième année, du riz pluvial peut être semé directement dans la couverture de *Mucuna*, sans que les sols ne soient exposés à l'érosion. Un apport de phosphore (ou l'écobuage contrôlé du sol) est recommandé sur les sols carencés afin d'obtenir dès la

première année des rendements attractifs, qui se maintiendront au fil des ans avec un apport d'intrants minimum, évitant ainsi d'avoir recours à l'ouverture de nouvelles parcelles.

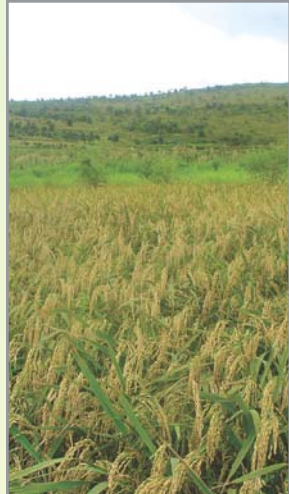
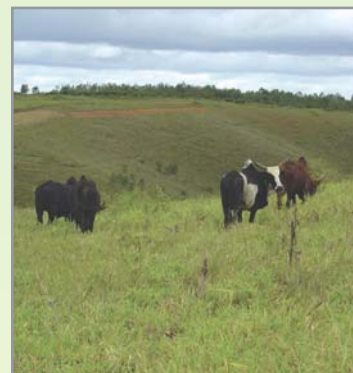


Riz pluvial après écobuage sur jachère à Aristida Lac Alaotra (en bas à gauche) et Sud-Est (en haut et en bas à droite)

La mise en valeur des espaces vides et la protection des bassins versants

Les techniques SCV offrent diverses solutions pour restaurer la fertilité des sols les plus dégradés. La technique de l'écobuage contrôlé du sol dans des tranchées, par exemple, permet de cultiver, même sans engrais, du riz sur des sols de tanety considérés comme incultes. L'utilisation de plantes de couvertures (*Brachiaria sp.*, *Stylosanthes guianensis*, etc., en culture pure ou en association avec des cultures alimentaires) permet la restructuration du sol, sa "recharge" en matière organique et le recyclage d'éléments nutritifs tout en fournissant un fourrage de qualité.

Ainsi, ces techniques permettent la remise en culture des vastes zones inutilisées du fait de la faible fertilité initiale, ne permettant pas de cultiver rentablement ces sols avec des techniques classiques.



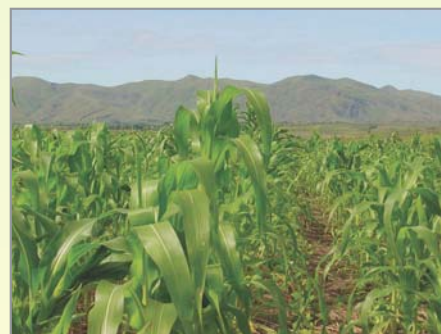
Le contrôle des pestes végétales

Les techniques SCV, permettent le contrôle des principales adventices, y compris de "pestes végétales" telles *Imperata cylindrica* (contrôlé par *Mucuna* ou *Brachiaria humidicola*), *Cyperus rotundus* (contrôlé par la paille de Sorgho) ou *Striga asiatica* (effets combinés de couverture du sol, ombrage, régulation de la température, gain de matière organique, etc.).

Semis direct de Haricot sur *Cynodon dactylon*



Des "pestes végétales" peuvent même être utilisées pour le semis direct. ainsi, les cultures de Haricot, Soja et même de riz (avec apport d'azote) produisent d'excellents résultats en semis direct sur chiendent (*Cynodon dactylon*), après simple contrôle à l'herbicide.



Remise en culture par les SCV de sols abandonnés à cause de la très forte pression de *Striga asiatica*. Moyen-Ouest



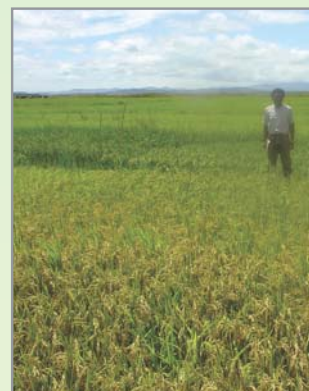
Riz SEBOTA, Lac Alaotra

Les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau

Dans toutes les rizières à mauvaises maîtrise de l'eau, qui représentent des surfaces considérables (plus de 70 000 ha pour le lac Alaotra uniquement), les rendements sont très irréguliers et faibles (0 à 3 t/ha, 1 t/ha environ en moyenne). De nouvelles variétés de riz, les SEBOTA créées au Brésil par L. Séguy *et al.*, grâce à leur poly-aptitude (cultivables en pluvial et/ou en irrigué) permettent de changer les pratiques de culture.

Ainsi, dans les nombreuses rizières qui ne peuvent être mise en boue que quelques mois après le début de la saison des pluies à cause de l'arrivée tardive de l'eau (retardant le repiquage et conduisant à une chute des rendements), un semis précoce est possible, en pluvial, le riz terminant son cycle en conditions irriguées quand l'eau arrive.

Un tel changement de système de cultures permet d'obtenir des rendements stables, autour de 3 t/ha sans engrais, et jusqu'à 7 t/ha quand une fertilisation



Riz SEBOTA en rizière à mauvaise maîtrise de l'eau

Sans engrais
(Second plan)

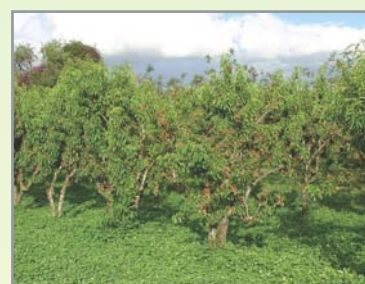
Avec engrais
(Premier plan)
Lac Alaotra

est apportée. La culture d'une légumineuse en saison sèche permettra, en plus d'un éventuel apport financier ou alimentaire, d'apporter de l'azote au sol et de préparer un paillage pour un semis direct du riz l'année suivante.

La diversification des cultures et l'intégration agriculture / élevage / arbres

La plupart des plantes de couvertures utilisées en semis direct sont également d'excellents fourrages. Ainsi, qu'elles soient associées, en succession (produisant ainsi en période marginale: saison sèche ou froide) ou en rotation avec la culture principale, elles permettent d'augmenter fortement la production de biomasse et

l'offre fourragère. Ainsi, l'intégration entre agriculture et élevage est souvent un moteur important du développement de ces techniques qui permettent l'amélioration de l'alimentation animale et ainsi limitent la pratique traditionnelle de mise à feu pour l'élevage extensif. L'association Manioc + Brachiaria est un exemple d'association particulièrement efficace, multipliant par 3 à 5 la production du manioc, tout en fournissant une importante quantité

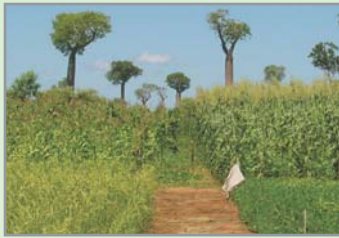
Trèfle en couverture sous verger
Hauts plateaux

de fourrages de qualité et améliorant la structure des sols pour des cultures ultérieures. Les arbres bénéficient pareillement de la restructuration et de la protection des sols par ces plantes de couvertures/fourrages.

La sécurité alimentaire dans les zones semi-arides

Grâce à la réduction du ruissellement et de l'évaporation par la couverture du sol, à l'augmentation de l'infiltration, à une meilleure porosité du sol et à un enracinement profond des cultures, les techniques agro-écologiques présentent un bilan hydrique extrêmement favorable. Il est ainsi possible d'obtenir une production élevée, de manière stable, en zones semi-arides (Sud-Ouest), même en année sèche (moins de 300 mm comme en 2003-2004) et sur des sols sableux, les plantes puisant dans l'eau profonde du sol accumulée les années plus pluvieuses.

Forte production maintenue en année sèche
Tuléar, 2004: moins de 300 mm de pluies



Riz, Maïs, Sorgho et Arachide.
Morondava, Sud-Ouest

Sur la base des grands principes des SCV, une très large gamme de systèmes a été rapidement mise au point, permettant de faire face aux diverses contraintes des petites agricultures familiales et d'apporter des solutions pratiques pour une agriculture durable à Madagascar. Ainsi, pour chacune des zones agro-écologiques, des systèmes sont adaptés aux différents types de sols (du plus riche au plus pauvre), à la végétation (ou aux cultures) en place et proposent aux paysans des alternatives aux systèmes traditionnels avec:

- . des possibilités importantes de diversification, autour d'une culture "pivot" principale
- . des niveaux d'intensification différents: utilisation ou non d'engrais, d'herbicides, etc.
- . des niveaux de risques raisonnés
- . une intensité et une pénibilité du travail adaptables
- . différents niveaux de technicité (ou de simplicité)
- . des possibilités diversifiées d'intégration agriculture/élevage (production fourragère intégrée) et d'association avec les arbres
- . des vitesses d'"entrée" dans les SCV plus ou moins rapides.



Tests d'une large gamme de systèmes,
Hauts plateaux

Sélection variétale de Sorgho
Tuléar, Sud-Ouest



Des références dans 4 grandes zones agro-écologiques contrastées

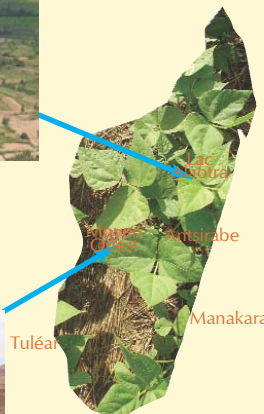


Le lac Alaotra et le Moyen-Ouest

Climat tropical de moyenne altitude, longue saison sèche



Une constante:
l'influence cyclonique et la forte intensité des pluies



Les Hauts Plateaux

Climat tropical d'altitude



Le Sud-Est

Climat tropical humide



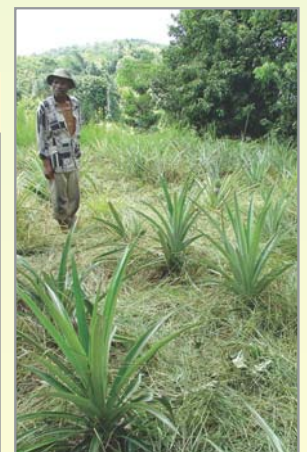
Le Sud-Ouest

Climat semi-aride

La gestion intégrée des bassins versants et des périmètres irrigués

Cette large gamme de systèmes permet de proposer des alternatives productives et respectueuses de l'environnement pour toutes les unités de paysage, permettant d'associer agriculture, élevage et plantations. Elle donne ainsi la possibilité d'une gestion intégrée des bassins versants, la protection des périmètres irrigués en aval commençant par l'utilisation raisonnée des tanety.

Mise en valeur des tanety
(riz pluvial sur *Cynodon dactylon*)
en amont des rizières, Lac Alaotra



Ananas associé au
Brachiaria humidicola, Sud-Est

La mise au point de systèmes SCV est un travail évolutif et participatif, s'articulant sur un dispositif expérimental ancré sur le terrain à deux niveaux:

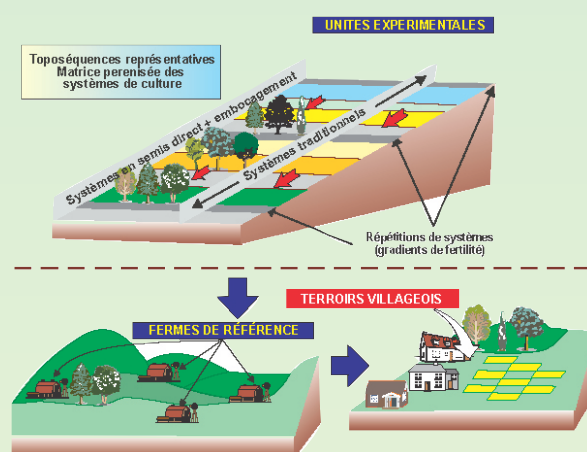
. Des unités expérimentales gérées par les chercheurs, pour la conception et le développement initial de divers systèmes: tests de plantes de couvertures, de possibilités d'associations, sélection variétale adaptée à des systèmes SCV, essais thématiques d'adaptation, etc. Les systèmes de culture testés à des



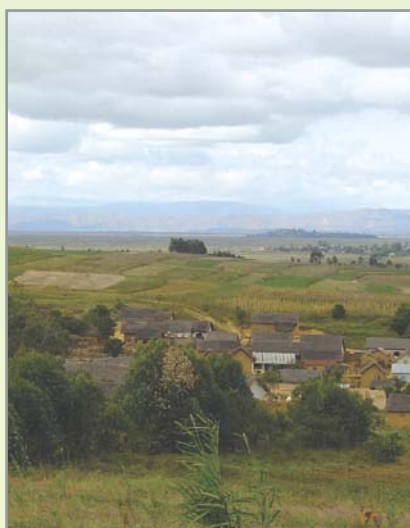
Unité expérimentale sur une toposequence, Hauts plateaux.

niveaux différenciés d'intrants sont organisés en matrices sur des toposequences représentatives des différents milieux.

. Des terroirs villageois, où des producteurs volontaires appliquent plusieurs systèmes de cultures en l'état ou en les adaptant. De la pratique de ces systèmes et des échanges entre chercheurs, techniciens et paysans, émerge une évaluation des systèmes, de nouvelles possibilités d'amélioration et des thèmes de recherche complémentaires.



Une approche pratique pour la diffusion au niveau de terroirs villageois



Le terroir d'Ampanefy, Lac Alaotra

Une approche spécifique pour la diffusion de ces techniques particulières à été développée par TAFA (Terre et Développement), le CIRAD et divers partenaires. Elle s'appuie sur une bonne maîtrise technique d'une large gamme de systèmes et la compréhension simple du mode de fonctionnement des exploitations, indispensable pour conduire un véritable conseil individualisé à l'exploitation.

Une progression dans le temps des actions engagées permet de gagner peu à peu la confiance des agriculteurs et de les former à la maîtrise de ces techniques (pour les cultures de leur choix). Cette formation doit permettre aux agriculteurs de comprendre et de s'appropriier les mécanismes de fonctionnement agronomique des SCV (durée minimum: 2 à 3 ans, les rotations de cultures étant primordiales en SCV), et de leur apprendre à multiplier convenablement le matériel végétal nécessaire à ces systèmes.

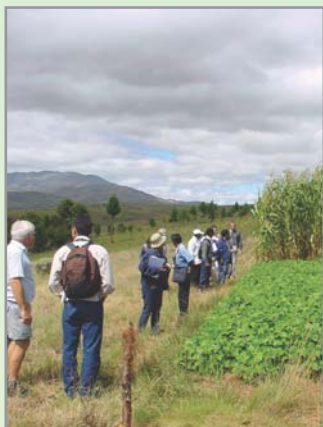
Le travail d'encadrement au niveau des terroirs vise aussi à contribuer à l'organisation des communautés villageoises: crédit, commercialisation des produits, approvisionnement en intrants et matériel agricole, règles communautaires, etc.

Au delà de son rôle pour la diffusion, cette approche "terroir" permet:

- . de confronter les systèmes SCV (bien maîtrisés) à l'épreuve du milieu réel, et en particulier d'intégrer gestion individuelle et gestion communautaire des ressources: terre, eau, biomasse, animaux, etc.
- . de faire évaluer par les paysans ces systèmes et d'alimenter la recherche en thèmes prioritaires
- . de former les divers acteurs de la recherche-développement (ces terroirs sont des sites particulièrement favorables aux échanges)
- . d'apprendre aux communautés villageoises à gérer de grands espaces et à harmoniser les interventions
- . d'identifier et de promouvoir les agriculteurs motivés ayant assimilé les pratiques SCV, au rôle d'"agriculteurs consultants" pour la diffusion directe de ces techniques auprès d'autres communautés villageoises
- . de construire un référentiel à l'échelle des grandes régions agricoles, pour une gestion intégrée des terroirs villageois.



Discussions autour de démonstrations de variétés de riz poly-aptitudes, Sud-Est



Formation sur le terrain,
Hauts plateaux.

Les SCV proposent une large gamme de solutions techniques élaborée pour et avec les agriculteurs, permettant de s'adapter localement aux contraintes spécifiques de l'agriculture et des exploitations. Il s'agit de pratiques peu habituelles, et même souvent contraires aux habitudes, qui réclament un véritable savoir-faire. En conséquence, leur diffusion ne peut se faire que par un conseil rapproché et individualisé, et ce sur une période suffisamment longue pour accompagner les paysans motivés dans cette véritable transformation de leur agriculture.

Outre l'amélioration de l'environnement agricole, la diffusion des techniques agro-écologiques exige en conséquence:

- . un personnel compétent et solidement formé, maîtrisant une large gamme de techniques SCV, des "outils" pour leur adaptation, ainsi que les principes pour leur diffusion au niveau de terroirs villageois en adéquation avec les stratégies paysannes.
- . la concentration des moyens de diffusion sur quelques sites, pour un appui rapproché et soutenu, un accompagnement du changement. Une diffusion en "tâches d'huile", de paysans formés à paysans intéressés permettant progressivement la diffusion à large échelle.
- . la garantie de pouvoir accompagner les paysans pendant les 3 premières années de ce changement de technique mais aussi de philosophie de l'agriculture.
- . l'absence de remise en question de ces pratiques originales et méconnues ou de "messages" contradictoires pouvant provenir d'opérations de développement rural parallèles (exemple: le don de charrues quand les SCV proposent d'abandonner le labour).



Formation
par la pratique
à la technique
de l'écobuage,
Hauts plateaux.

"J'ai visité le site de Tafa à Marololo en 1999-2000 et j'ai été attiré par ces techniques. J'ai un peu hésité au début, mais j'ai essayé et en voyant les résultats, j'ai eu envie de continuer. Le "Voly rako-tra" protège bien les cultures en cas de sécheresse et c'est important car les pluies peuvent manquer au Lac Alaotra. On voit bien aussi que même sur les pentes fortes, il n'y a plus d'érosion. Et puis le bozaka et les feuilles se décomposent et le sol devient plus riche.

Maintenant je fais du Riz après du Maïs et de la Mucuna. La Mucuna meurt toute seule et il n'y a pas besoin de préparer le sol. Il suffit de semer le riz. On peut le faire aussi avec du maïs et de l'antaka (dolique). Je fais aussi du Voanjobory (pois de terre), de l'arachide, des oignons, avec des rendements deux fois meilleurs qu'avant.

Ce n'est pas obligatoire, mais je préfère utiliser de l'engrais car cela donne des résultats encore meilleurs."

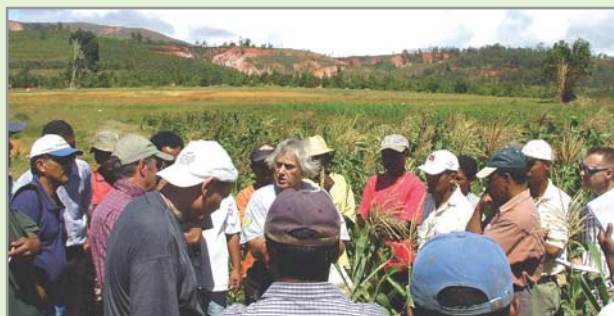
Rabetany, paysan à Ambohimanga.
Association FTMA. Lac Alaotra.

un savoir mais avant tout à un savoir-faire ne peut se faire que par la pratique, confronté au milieu réel et aux opérations de diffusion.

Elle se déroule donc sur de véritables terroirs de diffusion, et doit couvrir au moins un an afin de pratiquer l'ensemble des opérations culturales et pour prendre en compte les rotations de cultures.

Au delà des techniques agro-écologiques, cette formation doit également apporter une véritable "boîte à outils" pour la diffusion de ces techniques, permettant d'intégrer les différentes contraintes des agriculteurs pour l'adaptation des systèmes, et de gagner leur confiance.

Formation sur le
terrain, Lac Alaotra



L'amélioration de l'environnement agricole

Procurer aux agriculteurs un meilleur environnement augmente les chances de succès de toute opération de développement. Cet environnement inclut (entre autres):

- . les conditions d'approvisionnement en intrants et matériels agricoles (prix, disponibilités, etc.). La subvention des intrants et du matériel peut largement favoriser la diffusion de nouvelles techniques. Dans le cas des techniques agro-écologiques, une telle subvention pour la mise en valeur et la protection des sols les plus dégradés pourrait être considérée comme un investissement permettant à Madagascar de préserver son capital sol et les aménagements hydro-agricoles.
- . la disponibilité en matériel végétal de qualité qui permet d'exprimer le potentiel des systèmes de culture
- . les conditions de commercialisation des produits
- . la sécurité foncière
- . les conditions d'accès au crédit
- . l'accès à l'information (médias, etc.)

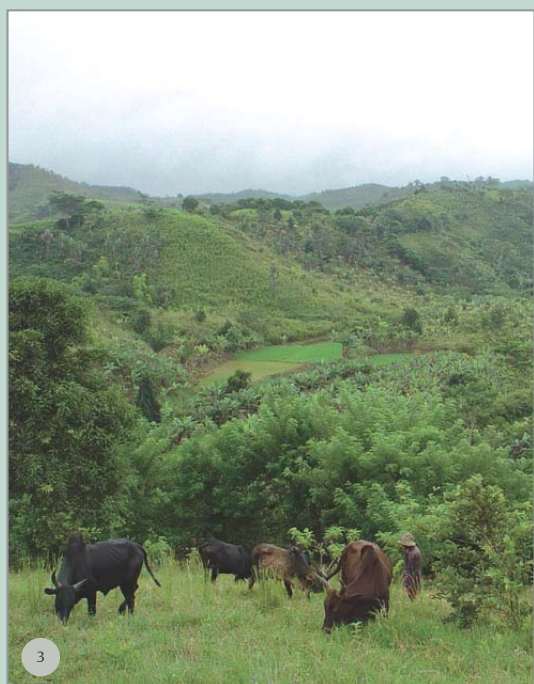
Des besoins en formation importants

La formation des agents cadres et techniciens qui devront diffuser le semis direct est un point clef du succès. Une telle formation, à



- 1 *Sorgho Muskwaari (Sud-Est)*
- 2 *Haricot sur paillage d'avoine (Hauts plateaux)*
- 3 *Semis de dolique après riz (Lac Alaotra)*
- 4 *Maïs + Dolique (Lac Alaotra)*
- 5 *Riz Sebota 68 après Stylosanthes (Lac Alaotra)*

10 Des systèmes innovants, rentables et protecteurs de l'environnement



- 1 Maïs + Niébé (Lac Alaotra)
- 2 Haricot et avoine (Hauts plateaux)
- 3 Pâturage de *Brachiaria* (Sud-Est)
- 4 Riz B22 sur *Dolique* (Lac Alaotra)
- 5 Soja sur *Kikuyu* vif (Hauts plateaux)
- 6 Site de référence d'Antsapanimahazo (Hauts plateaux)



2^{ième} partie

Des systèmes innovants, rentables et protecteurs de l'environnement

Articles et posters présentés au troisième congrès mondial
d'agriculture de conservation, Nairobi, Kenya, Octobre 2005.

Intercropping cassava with *Brachiaria* sp. on degraded hillsides in Madagascar

Charpentier, H.¹; Rakotondramanana²; Razanamparany, C.³; Andriantsilavo, M.³; Husson, O.⁴ and Séguy, L.⁵



Cassava and *B. ruziziensis*, Alaotra region

Cassava is known for its ability to grow on degraded soils and under water stress. It is widely used by farmers and it is often regarded as the last possible crop when soils are extremely degraded. With the increasing pressure of land degradation and erosion, for many farmers all over the world Cassava became the only mean to meet their needs, either for self-consumption or for animal feeding. However, when soils are compacted (which is frequent in degraded soils), cassava yield can be limited as tubers growth is reduced by physical constraints.

In Madagascar, TAFA and CIRAD recently proposed to associate Cassava with *Brachiaria* sp., known for their ability to grow even in compacted and acid soils.

Research for and with farmers

In 2003-2004, twenty farmers collaborated with TAFA in the Alaotra region (800-1000 m. a.s.l., 800-1000 mm rainfall, with a 7 months-long dry season), intercropping cassava with *Brachiaria ruziziensis* on 0.58 ha without manure and 4.58 ha with 5t/ha manure and comparing it with cassava grown in pure stand.

The same year, some tests also were initiated in 3 other main agro-écological regions of Madagascar: The humid South-East coast (Rainfall: 3000 mm /year), the semi-arid South West (rainfall: 400-600 mm /year, 8-9 months-long dry season) and the highlands (1500-1700 m high, rainfall: 1800 mm/year with a cold season). *Brachiaria brizantha* or *Brachiaria humidicola* also were tested for this association with Cassava, according to the agro-ecological zone.

In 2005, over 100 farmers intercropped cassava with *Brachiaria* in the Alaotra region (14.14 ha), 18 farmers in the highlands (1.5 ha) and 5 in the South-Eastern coast (2.85 ha). Various planting time and practices were tested to improve the technique and its application.

Results Cassava yield

Results of cassava fields planted in 2004 (harvested in 2005) in the Alaotra region are presented in Table 1, showing that fields intercropped with *Brachiaria ruziziensis* produced on average 2.4 times more than those with Cassava only.

The effect of manure + intercropping add to each other, cassava yield in fields where it is intercropped with *Brachiaria* and manure applied producing 3.7 times more than fields with cassava alone, not receiving manure.

Best planting time and practices



Cassava tubers (association with *B. ruziziensis*), Alaotra region.

1. In the Alaotra region

In this region, cassava is planted at the end of the rainy season (march/april) with a spacing of 1m x 1m. It is harvested 12 to 24 months later (according to varieties). To avoid competition for water during the dry season, the best practice consist in intercropping *Brachiaria* in between cassava plants at the beginning of the next rainy season. Another option is to plant cassava in *Brachiaria* (previously installed) after killing it in one meter wide rows, every other meter, using glyphosate.

3. In the highlands

In the highlands, cassava is planted during the dry season (september) and grown for 18 to 24 months. *Brachiaria ruziziensis* (or *B. Brizantha*) can be planted during the rainy season, in december or january. Cassava also can be planted in *Brachiaria* after controlling it (using glyphosate) or cutting it (used for animal feeding in this milk producing area).

Discussion

Soil structure improvement

The strong impact on cassava yield of intercropping *Brachiaria* sp. is attributed mainly to fast improvement (10-12 months) of soil structure. As poor soils in Madagascar often are compacted, the strong root system of *Brachiaria* makes a "biological ploughing". The changes in soil porosity made by *Brachiaria* sp. can be very significant, as measured by Andriamampianina (2004).

During participatory evaluation of this crops association, farmers in the Alaotra region observed that Cassava tubers were bigger and longer when intercropped with *Brachiaria*, but also that they were softer and taste better than cassava tuber grown alone, especially during the dry season. Changes in soil structure and root exudation by both plants also may favor development microorganisms (especially bacteria and mycorrhizal fungi).

Other possible plant associations

Farmer now grow pineapple in association with *Brachiaria* sp, with success. The interest of improving soil structure with *Brachiaria* (especially *B. humidicola*) also is remarkable for tree plantations: soil is totally covered, erosion controlled and trees largely benefit from the "work" of *Brachiaria*. A private company, Verama, is using *Brachiaria brizantha* to restructure very compacted soils before planting cashew nut trees in the North-Western coast of Madagascar.

In case of association with a legume tree (*Acacia* sp. for instance), the *Brachiaria* benefits from the nitrogen fixed by the trees.

Cassava can be intercropped with other cover crops, as *Stylosanthes guianensis*, which can be used the next season to prepare a mulch for direct seeding. *Stylosanthes* can be controlled mechanically, without using herbicide (which is not the case for *Brachiaria* sp.) and fixes nitrogen which will benefit to the next crop, as upland rice.

Flexibility in planting time and cropping calendar

In this association, the working period can be adjusted to manpower availability. Also, the working time for harvesting is reduced as tubers remains mainly in the top horizon of the soil, which make them very easy to dig out. Furthermore, farmers in the Alaotra region have observed that the tuber can be stored longer in the soil, without damage, which allows to harvest cassava when needed, and when manpower is available.

Crops/livestock integration

Another major interest of this technique is the high production of forages as *Brachiaria* sp. and *Stylosanthes* sp. are excellent species for animal feeding.

Conclusions

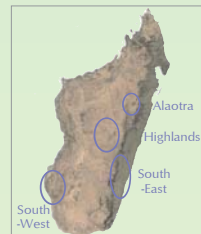
Intercropping *Brachiaria* sp. dramatically increases cassava yield and leads to fast improvement of soil structure and fertility.

This new technique is extending in various regions of Madagascar, especially on degraded ferrallitic "tanety" (hills) as in the Alaotra region. Research is now conducted to use various species of the natural vegetation which also have a strong root system (such as *Hyparrhenia*, *Stenotaphrum*, *Cynodon*, etc.) to plant directly cassava after simply cutting them or controlling them with herbicide.

References

Andriamampianina, N. ; 2004: Evaluation de l'état de fertilité des sols dans les plantations de cajou à Masiloka, Rapport de mission pour VERAMA (Les Vergers d'anacardes de Masiloka, BP. 93 Mahajanga 401, Madagascar), Octobre 2004; 19 p.

1. CIRAD/TAFA, BP 853 Antananarivo 101, Madagascar, hubert.charpentier@cirad.fr
2. GSDM, BP 6039 Ambanidia, Antananarivo 101, Madagascar, gsdm.de@wanadoo.org
3. TAFA, 906A 165 Villa Vatosoa, Amphihaviana Antsirabe 110 Madagascar, tafantsirabe@wanadoo.org
4. CIRAD/GSDM, BP 6039 Ambanidia, Antananarivo 101, Madagascar, olivier.husson@cirad.fr
5. CIRAD, CP 504 Agencia Central 74001-970 Goiânia GO, Brazil, lucien.seguy@cirad.fr



Agro-ecological zones where experiments were conducted.

Treatment	Farm manure	Number of fields	Cassava yield (t/ha)	Standard deviation	Cas.+Brach. yield (% of Cas.)
Cassava pure stand (Cas.)	No	4	4.82 d	0.42	100 %
Cassava + <i>Brachiaria ruziziensis</i> (Cas. +Brach.)	No	4	11.78 b	0.77	244.4 %
Cassava pure stand (Cas. + Man.)	Yes (5t/ha)	16	7.54 c	2.48	156.4 %
Cassava + <i>Brachiaria ruziziensis</i> (Cas. + Brach. + Man.)	Yes (5t/ha)	16	17.83 a	5.09	369.9 %

Table 1: Cassava yield in farmers fields in 2004-2005, Alaotra region.

2. In the humid South-Eastern coast

In this very humid area where cassava usually is planted in August/September, intercropping can be done in various ways: Cassava and *Brachiaria* planted at the same time, *Brachiaria* planted a few months after cassava, or cassava planted in the *Brachiaria* after cutting it on rows (sufficient to avoid competition in this area).

Brachiaria humidicola well adapted to humid conditions is preferred to *B. ruziziensis* also for its faster development and stronger root system, providing a better soil protection. Preliminary results in the South-East coast indicate that Cassava yield is at least doubled when intercropped with *B. humidicola*.

4. In the semi-arid South West

Under semi-arid conditions, associating *Brachiaria* and cassava is risky as competition for water can reduce cassava yield during the dry years. When associated to cassava, *Brachiaria* should be carefully controlled (by cutting), especially during the dry periods.



Cassava and *B. humidicola*, South-Eastern coast



Root system of *B. ruziziensis*.



Cassava associated to *Stylosanthes guianensis*, Highlands



4 years-old *Acacia mangium* in *B. Humidicola*, South-East



Pineapple associated to *B. Humidicola*, South-East

TAFA

Tany sy Fampandrosoana
Terre et Développement

Centre de
Coopération
Internationale
en Recherche
Agronomique
pour le
développement

GSDM

Groupeur Semis Direct de Madagascar

Funding:



2.1. Intercropping cassava with *Brachiaria* sp. on degraded hillsides in Madagascar

L'association Manioc-*Brachiaria* pour les collines dégradées de Madagascar

Charpentier H.¹, Rakotondramanana², Razanamparany C.³, Andriantsilavo M.³, Husson, O.⁴ and Séguy, L.⁵.

1. CIRAD/TAFA Madagascar, BP 853 Antananarivo 101, Madagascar, hubert.charpentier@cirad.fr

2. GSDM Madagascar, BP 6039 Ambanidia, Antananarivo 101, Madagascar, gsdm.de@wanadoo.mg

3. TAFA Madagascar, 906A 165 Villa Vatosoa, Ampihaviana Antsirabe 110 Madagascar, tafaantsirabe@wanadoo.mg

4. CIRAD/GSDM Madagascar, BP 6039 Ambanidia, Antananarivo 101, Madagascar, olivier.husson@cirad.fr

5. CIRAD Brazil, CP 504 Agencia Central 74001-970 Goiânia GO, Brazil, lucien.seguy@cirad.fr

Abstract

Cassava is known for its ability to grow on degraded soils and under water stress. It is widely used by farmers as the last possible crop when soils are degraded and is often their only mean to meet their needs, either for self-consumption or for animal feeding.

In Madagascar, TAFA and CIRAD recently proposed to intercrop Cassava with *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* or *Brachiaria humidicola*. Such an association presents several advantages:

1. A tremendous increase in Cassava yield, (as long as *Brachiaria* and Cassava have been intercropped for at least 1 year) explained by the improvement of soil structure by *Brachiaria* roots, which benefits to Cassava. Cassava yield is multiplied by 2.4 on average: when yield ranges 4.5-13 t/ha in pure stand, Cassava associated to *Brachiaria* produces 11-30 t/ha, without any fertilisation. Furthermore, farmers find that Cassava tuber are softer and taste better, especially during the dry season.
2. Production of forages for animal feeding
3. A flexible working calendar: Not only the planting time is very flexible, but this association allows better cassava tuber conservation in the soil, for several months, which makes it possible to harvest over a longer period of time, when it is needed and labour available
4. Soil conservation and improvement: *Brachiaria* sp. improves soil structure, injects C in the soil and increases water infiltration. It is then possible to start direct planting of various crops in the *Brachiaria* mulch, including upland rice.

This technique is now recommended and spreads very fast in several regions of Madagascar, on degraded ferallitic "tanety" (hills): Lac Alaotra, Humid South West, Central highlands (but not in the semi-arid areas, where *Brachiaria* competes with Cassava for water).

It already has been adapted by farmers, who developed the association of Pineapple with *Brachiaria* (with the same beneficial effect).

Planting *Brachiaria* sp. before planting trees also is recommended as trees will largely benefit from the soil structure improvement by *Brachiaria* roots system.

Key words

Intercropping, cassava, *Brachiaria*, Madagascar, agro-ecology

Introduction

Cassava is known for its ability to grow on degraded soils and under water stress. It is widely used by farmers and it is often regarded as the last possible crop when soils are extremely degraded. With the increasing pressure of land degradation and erosion, for many farmers all over the world Cassava became the only mean to meet their needs, either for self-consumption or for animal feeding.

However, when soils are compacted (which is frequent in degraded soils), cassava yield can be limited as tubers growth is reduced by physical constraints.

In Madagascar, the NGO TAFA (TAny Sy Fampandrosoana: Land and development, Madagascar) and CIRAD (Centre for International Cooperation in Agricultural Research for Development, France) recently proposed to associate Cassava with *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* or *Brachiaria humidicola* which are plants known for their ability to grow even in very compacted and acid soils.

Research with farmers

A first simple test was initiated in Lake Alaotra (800-1000 m high, 800-1000 mm of rain, with a 7 months-long dry season) in 2003, intercropping cassava with *Brachiaria ruziziensis* in small experimental plots. The very encouraging results (yield multiplied by 2 to 3) led to rapidly propose to farmers collaborating with TAFA in

the framework of the "Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar (AFD/FEM/MAEP/CIRAD) to intercrop cassava with *Brachiaria ruziziensis*. Thus, in 2003-2004, 20 farmers tried this association in their fields, comparing yield of cassava in pure stand to the yield of cassava intercropped with *Brachiaria ruziziensis*. The association Cassava + *Brachiaria* covered a total of 4.16 ha, 0.58 ha without manure application and 4.58 ha with 5t/ha of manure.

The same year, some tests also were initiated in 3 other main agro-ecological regions of Madagascar:

- the humid South-East coast (Rainfall: 3000 mm /year)
- In the semi-arid South West (rainfall: 400-600 mm /year, 8-9 months-long dry season)
- In the highlands (1500-1700 m high, rainfall: 1800 mm/year with a cold season)

Two other species of *Brachiaria*: *Brachiaria brizantha* and *Brachiaria humidicola* also were tested for this association with Cassava, according to the agro-ecological zone.

In 2005, extension of these systems to other farmers' fields started in the regions where the first tests were convincing.

Thus, over 100 farmers intercropped cassava with *Brachiaria* in Lake Alaotra region in 2005, covering 14.14 ha, 18 farmers tested this association in the highlands (1.5 ha) and 5 in the South-East coast (2.85 ha).

In the same time, various planting time and practices also were tested in order to improve the technique and its application.

Results

Cassava yield

As cassava has a long growing period (12 to 24 months according to varieties and climate, increasing with elevation), only yield from cassava planted in 2004 in the Alaotra region are available, presented in table 1.

The yield of cassava intercropped with *Brachiaria ruziziensis* is on average 240 % (minimum 215%, maximum 280%) of the yield of cassava cultivated alone, manure being applied or not.

Manure application effect is a gain in cassava yield of 56% when *Brachiaria* is not intercropped and 51 % when *Brachiaria* is intercropped.

The effect of manure + intercropping add to each other, cassava yield in fields where it is intercropped with *Brachiaria* together with manure application producing 3.7 times more than fields with cassava alone, not receiving manure.



Manioc and Brachiaria ruziziensis, Alaotra region

Treatment	Farm manure	Number of fields	Cassava yield (t/ha)	Standard deviation	Cas.+Brach. yield (% of Cas.)
Cassava pure stand (Cas.)	No	4	4.82 d	0.42	100 %
Cassava + <i>Brachiaria ruziziensis</i>	No	4	11.78 b	0.77	244.4 %
Cassava pure stand + Manure	Yes (5t/ha)	16	7.54 c	2.48	156.4 %
Cassava + <i>Brachiaria ruziziensis</i> + Manure	Yes (5t/ha)	16	17.83 a	5.09	369.9 %

Table 1: Effect of intercropping cassava with *Brachiaria ruziziensis* in Alaotra region in 2003-2004 growing season. All treatments are significantly different at $\alpha = 1\%$.

Best planting time and practices

Although all cassava fields have not yet been harvested, field observations of cassava planted in 2004 and in 2005 make it possible to draw some preliminary conclusions on the best cropping practices for intercropping cassava and *Brachiaria* in the various eco-regions of Madagascar:

1. In the Alaotra region

In this area, cassava is cultivated for 12 to 18 months, and up to 24 months for some varieties. It is usually planted at the end of the rainy season, in march/april. Intercropping *Brachiaria* at the same time presents the risk of severe competition for water and two options appear to be less risky and more efficient:

i) The best one: Cassava is planted in March/April on a bare soil, after ploughing according to traditional techniques. *Brachiaria* is then intercropped during the next rainy season (December or January). Cassava being planted with a spacing of 1m x 1m, *Brachiaria* can be planted every 30 to 50 cm between cassava rows, in all directions

ii) Another option being tested: When *Brachiaria* already has been installed (for instance in fields in which *Brachiaria* was installed the previous year in association with cassava or other crops, as maize or beans, or to cultivate after a few years of *Brachiaria* pasture), cassava can be planted directly in the *Brachiaria*, after killing it in rows (1 m wide, every other meter) using glyphosate (3l/ha on average on the spayed area, equivalent to 1.5 l/ha of land).



Manioc planted in *Brachiaria ruziziensis*, Alaotra region

2. In the humid south East

In this very humid area, Cassava is usually planted in August/September, to reduce damages caused by a virus in the rainy season. In this area, risk of competition for water is very limited and intercropping can be done in various ways:

i) Cassava and *Brachiaria* can be planted at the same time.

ii) Cassava can be planted first, then *Brachiaria* a few months later, or

iii) Cassava can be planted in *Brachiaria* already installed, after cutting it on the rows planted in Cassava (which is sufficient to avoid strong competition, as cassava cycle under this climate is faster than in the Alaotra region).

In this area, *Brachiaria humidicola* is preferred to *Brachiaria ruziziensis*, as it is better adapted for humid conditions and as its root system is stronger and develops faster, providing a better soil protection (important in this region with steep slopes and high and intense rainfalls)

Preliminary results in the South-East coast indicate that Cassava yield is at least doubled when intercropped with *Brachiaria humidicola*.

3. In the highlands

In the highland, because of the low temperature, Cassava is grown for 18 to 24 months.

Cassava usually is planted during the dry season (September). *Brachiaria ruziziensis* (or *B. Brizantha*) can then be planted during the rainy season (December or January, after the main crops have been sown).

Another possibility is to plant Cassava in *Brachiaria* installed the previous year. The *Brachiaria* can be controlled using herbicide in rows (one metre wide, every other metre) or cut for animal consumption (which is often preferred by farmers as milk production is important in this region).



Manioc and *Brachiaria humidicola*, South-East

Photo: L. Ségué

4. In the semi-arid South West

Two *Brachiaria* species were tested in the South-West: *Brachiaria ruziziensis* and *Brachiaria brizantha*.

However, in this area, associating *Brachiaria* and cassava is risky as competition for water can reduce cassava yield in the dry years, as in 2003/2004 cropping season (less than 300 mm of rain in the area).

Therefore, intercropping the two plants should be recommended with extreme caution, and strong warning of the risk, all the more that expected increase in cassava yield is lower than in other regions, as sandy soil in this area cause less problem of compaction. In all cases, *Brachiaria* should be carefully controlled (by cutting in case of dry periods) to avoid risk of competition.

Discussion

Soil structure improvement

The strong impact on cassava yield of intercropping *Brachiaria* sp. is attributed mainly to fast improvement of soil structure. As poor soils in Madagascar often are compacted, the strong root system of *Brachiaria* makes a "biological ploughing" and rapidly improves soil structure and raises organic matter content. Cassava tuber can then develop better, in a soil with higher porosity. This hypothesis is strengthened by the fact that the effect of intercropping both plants increases with the time during which *Brachiaria* grew before cassava is harvested: strong effects can be seen when *Brachiaria* grew for more than 10-12 months, but if *Brachiaria* is intercropped too late, it doesn't have time to improve soil structure sufficiently before cassava is harvested and increase in yield is reduced.

The changes in soil porosity made by *Brachiaria* sp. can be very significant, as measured by Andriamampianina (2004) in Masiloka (North-Western coast). Within ten months, *Brachiaria brizantha* (cv Marundu) planted directly (without soil tillage) dramatically increased water infiltration on degraded and compacted ferrallitic soils: soil planted with *Brachiaria* needed 41 minutes to infiltrate 100 mm of water, when the same soil with its original vegetation needed 1 hour and 45 minutes to infiltrate the same amount of water.

During participatory evaluation of this crops association, farmers in the Alaotra region observed that Cassava tuber were bigger and longer when intercropped with *Brachiaria*, but also that they were softer and taste better than cassava tuber grown alone, especially during the dry season.

Other factors than soil structure also may explain the very important effect of intercropping *Brachiaria* with cassava, as possible changes in soil biology (made possible by the change in soil structure, opening space for development of microorganisms). Both cassava and *Brachiaria* are known to favour development of microorganisms (especially bacteria and mycorrhizal fungi) through root exudation (Balota et al., 1996; Da Silva and Nahas, 2002; Reis et al., 2004) and a synergy between the two plants may be possible.

Intercropping Brachiaria with other plants

Using *Brachiaria* sp. to improve soil structure and increase plant production appears to be a very attractive principle and farmers in Alaotra region and in the South East coast already have adapted the technique to other crops. They now intercrop *Brachiaria* with pineapple, with success as pineapple yield is considerably increased.

The interest of improving soil structure with *Brachiaria* also is remarkable for tree plantations: soil is totally covered, erosion controlled and trees largely benefit from the "work" of *Brachiaria*. Thus, association with fruit trees is now expanding in the South Eastern coast of Madagascar.

Acacia species (*A. mangium*, *A. auriculiformis* and *A. crassiparpa*) are also planted in association with *Brachiaria humidicola*. Not only their growth is much faster than without *Brachiaria*, but *Brachiaria* also benefits from the nitrogen fixed by the tree.

A private company, Verama, also is using *Brachiaria* to restructure very compacted soils before planting cashew nut trees in the North-Western coast. Within less than one year, *Brachiaria brizantha* directly sown without land preparation improves the soil structure and allows direct planting of the trees (after controlling the *Brachiaria* with herbicide where the trees will be planted). Over 400 hundred hectares already have been planted with this agro-ecological approach, reducing dramatically the planting costs as compared to the conventional tillage using heavy machinery for soil decompaction before planting the trees.

This improvement of soil structure and the high biomass produced by *Brachiaria* intercropped with Cassava also makes it possible to apply direct seeding techniques to cultivate all kinds of crops (including rice as long as nitrogen fertilization is applied) after cassava has been harvested. Thus, *Brachiaria* intercropped with *Brachiaria* increases cassava yield, and at the same time improves the land for cultivation of crops requiring better structured and more fertile soils than cassava.

Intercropping cassava with other plants

Cassava also can be intercropped with other cover crops, as *Stylosanthes guianensis*. This association is being tested in 2005, and field observations indicate a positive effect on cassava growth.



Acacia mangium and *Brachiaria humidicola*, South-East

A major interest of intercropping *Stylosanthes guianensis* is that it can be used the next season to grow crops (as upland rice), directly in the mulch of *Stylosanthes* which can be controlled mechanically, without using herbicide (which is not the case for *Brachiaria* sp.). Also, Nitrogen fixation by *Stylosanthes guianensis* raises soil fertility. Upland rice yield of 5 t/ha have been achieved in the middle west of Madagascar without direct seeding in the mulch of *Stylosanthes*, without fertiliser application or weeding.

Flexibility in cropping calendar

The very flexible cropping calendar for intercropping *Brachiaria* and cassava makes it attractive to farmers. Not only the working periods can be adjusted to manpower availability, but the working time for harvesting is reduced as tubers remains mainly in the top horizon of the soil, which make them very easy to dig out. Furthermore, farmers in the Alaotra region have observed that the tuber can be stored longer in the soil, without damage. This allows to spread the harvesting period over longer periods of time, and thus to harvest cassava when needed, and when manpower is available, which is not the case when cassava is grown alone.



Manioc and Stylosanthes guianensis, Middle-West

Crops/livestock integration

Another major interest of this technique is the high production of forages as *Brachiaria* sp. are excellent species for animal feeding. Thus, while soil is improved, high quantities of forages can be produced (5-12 t/ha of dry matter for *Brachiaria ruziziensis* for instance).

Conclusions

The interest of using *Brachiaria* species to improve soils structure and prepare the land for more productive crops is not questionable. Intercropping *Brachiaria* sp. with cassava (or other plants as pineapple or trees) allows not only a dramatic increase in the crop yield, but also allows a fast improvement of soil structure and fertility.

With this agro-ecological practice, even very degraded soils can produce and improve at the same time.

This new technique is now extending very fast in various regions of Madagascar, especially on degraded ferrallitic "tanety" (hills) as in the Alaotra region, the humid South Western coast and the central highlands.

Research is now conducted to use various species of the natural vegetation which also have strong root systems (such as *Hyparrhenia*, *Stenotaphrum*, *Cynodon*, etc.) to plant directly cassava after simply cutting them or controlling them with herbicide. It is expected that cassava will benefit from these plants as it benefits from *Brachiaria*.

References

- Andriamampianina, N. ; 2004: Evaluation de l'état de fertilité des sols dans les plantations de cajou à Masiloka, Rapport de mission pour VERAMA (Les Vergers d'anacardes de Masiloka, BP. 93 Mahajanga 401, Madagascar), Octobre 2004; 19 pages.
- Balota EL; Lopes ES; Hungria M; Dobereiner J. 1996. Interactions and physiological effects of diazotrophic bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in cassava plants. PESQUISA AGROPECUARIA BRASILEIRA. 30(11):1335-1345.
- Da Silva, P. and Nahas, E.; 2002 : Bacterial diversity in soil in response to different plants, phosphate fertilizers and liming, Brazilian Journal of Microbiology; vol.33 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2002
- Reis F.B. Junior; Silva M.F.; Teixeira K. R. S.; Urquiaga S. and Reis V.M., 2004: Identification of *Azospirillum amazonense* isolates associated to *Brachiaria* spp. at different stages and growth conditions, and bacterial plant hormone production; Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.28 no.1 Viçosa Jan./Feb. 2004

The use of *Cynodon dactylon* as soil cover for direct seeding in Madagascar



Green bean in a mulch of *Cynodon dactylon*

Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) is known as a very invasive weed, difficult to get rid of. All over the world, practices have been developed to try to eradicate this widely spread and common weed (Burton and Hanna, 1984). They are often based on intense land preparation with several ploughings and important work for removing the rhizomes and weeding.

However, *Cynodon dactylon* is a good forage and has several properties of a good cover crop: growing on poor soil, rapidly covering the soil and thus preventing erosion, having a deep and dense rooting system (improving soil structure, recycling nutrients), suppressing most other weeds, etc.

Trying to get benefit from these qualities, TAFE and CIRAD have developed with farmers techniques of direct seeding, using *Cynodon* as a soil cover.

Rakotondramanana¹; Husson, O.²; Charpentier, H.³; Razanamparany, C.⁴; Andriantsilavo, M.⁴; Michellon, R.³; Moussa, N.⁴ and Séguy, L.⁵

1. GSDM, BP 6039 Ambaridja, Antananarivo 101, Madagascar, gsdm.de@wanadoo.org
2. CIRAD/GSDM, BP 6039 Ambaridja, Antananarivo 101, Madagascar, olivier.husson@cirad.fr
3. CIRAD/TAFE, BP 853 Antananarivo 101, Madagascar, hubert.charpentier@cirad.fr
4. TAFE, 906A 165 Villa Vatosoa, Ampihaviana Antsirabe 110 Madagascar, tafa@antirabe@wanadoo.org
5. CIRAD, CP 504 Agencia Central 74001-970 Goiânia GO, Brazil, lucien.seguy@cirad.fr

Material and method

Experiments to control *Cynodon dactylon* started in 2001/2002 cropping season in the Highlands, in controlled plots, with direct planting of common bean in a *Cynodon dactylon* mulch as compared to ploughing (4 replications) and simple tests to adapt the kind and rate of herbicides needed to control (keeping it alive for a living cover) or to kill the grass (dead mulch). The good results obtained for two consecutive years (over 2.2 t/ha of green bean directly seeded for less than 1 t/ha with ploughing) and the dramatic reduction in working time (Michellon et al., 2005; Charpentier et al., 2005), led to rapidly try this technique for other crops (rice, soybean, cowpea, etc.) and in other regions, and to propose it for extension/tests with farmers. Results presented here are those achieved by the first farmers who tested direct seeding in Bermuda grass in 2003/2004: 20 farmers in Antsampanimahazo village (1650 m above sea level) in the highlands, and 16 in the Alaotra region (900 m a.s.l.).

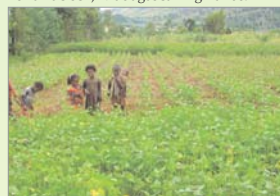
Results

Cropping practices

***Legumes** 1. *Cynodon dactylon* can be used as a dead mulch for cultivation of legumes (green bean, soybean, cowpea, Bambara bean). In that case, it is killed with 1800 to 2160 g/ha of glyphosate and legumes are directly seeded in its mulch. Fertilisers are not needed.



Green bean directly seeded in *Cynodon dactylon* (front) or after ploughing (back). Ferrallitic soil, Madagascar highlands.



2. *Cynodon dactylon* also can be used as a living cover for cultivation of these legumes. In that case, it is simply controlled (but not killed) with a lower dose of herbicide: 900 to 1080 g/ha of glyphosate before direct seeding. The *Cynodon* must be sufficiently controlled to avoid competition with the legume, but not killed to produce biomass after harvest of the crop. This requires accurate herbicide application, but has the advantage of being cheaper and to produce more as a synergy seems to appear between the two plants when *Cynodon* is kept alive.

Also, as *Cynodon* will recover and starts growing again, this system can be reproduced the next year (alternating legume species is recommended) and the soil is permanently kept covered, which is not the case with the first system. In case of insufficient control of the *Cynodon* by the initial herbicide application and risk of competition with the legume, it is possible to apply a total herbicide (glyphosate) between the legume rows, with a protection, or to apply in full stand 62.5 g/ha of fluzifop-p-butyl.

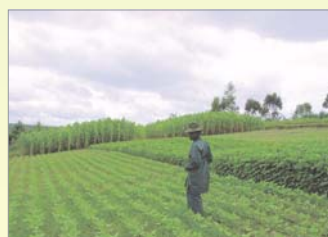
Yield and economic performances

With direct seeding on a *Cynodon* cover, the economic return for green bean, soybean or cowpea cultivation is extremely high as:

- Yield is doubled on average as compared to traditional practices with soil tillage (table 1).
- The working time is dramatically reduced for land preparation and weeding. As a consequence, the labour is very well valorised (over 6 000 Ariary/day as compared to 1 500 Ariary/day for manpower).
- The cost of herbicides (45 000 to 50 000 Ariary/ha for killing the *Cynodon* with glyphosate) is equivalent to the cost of one ploughing with oxen (when ploughing at least twice is needed).

The net return is extremely interesting for Bambara bean as yield increase is tremendous (300 to 400 %) with a soil cover as compared to a tilled, bare soil.

In the rich "Baiboho" (recent alluvial soils, usually with poor water control), with a green bean production of 2.4 t/ha without fertilisation, the net return reaches 2 millions Ariary/ha (800 euros), and the labour productivity is 16 000 Ariary/day (Charpentier et al., 2005).



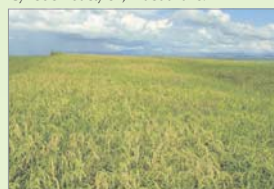
Green bean and soybean grown on a living cover of Kikuyu grass also used as forage for cattle feeding..

References

- Burton, G. W. and W. W. Hanna. 1984. Bermudagrass. In R. F. Barnes, D. A. Miller, C. J. Nelson, eds. Forages. Iowa State University Press, Ames, Iowa. pp.421-424.
- Charpentier, H.; Razanamparany, C.; Andriantsilavo, M.; Andriamandraivonona, M. and Rakotoarivo, C., 2005: Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar: Rapport de campagne 2003/04. Lac Alaotra, Sud-Est et Morondava. TAFE, Antsirabe, Madagascar, 102 p + annexes.
- Michellon R., Razanamparany C., Moussa N., Andrianasolo H., Fara Hanitriniaina JC., Razakamanatoanina R., Rakotovasaha L., Randrianaiwa S., Rakotaniaina F. (2005). Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologique à Madagascar. Rapport de campagne 2003-2004. Hautes-Terres et Moyen Ouest. TAFE, Antsirabe, Madagascar, 113 p.



Upland rice directly seeded on *Cynodon dactylon*, Alaotra lake.



* Rice

3. *Cynodon dactylon* can be used as dead mulch for direct seeding of upland rice. It is killed, as for legumes, with 1800 - 2160 g/ha of glyphosate. To grow a cereal on a cover made of grass, mineral fertilisation (50 - 100 N/ha) is needed at sowing, as mulch decomposition leads to N immobilisation in the beginning of the plant cycle. Thanks to a good soil structure (due to *Cynodon* roots), rice yield over 4 t/ha can be reached with proper fertilisation application.

4. The best practice for rice cultivation (especially in areas with a long dry season as in the Lac Alaotra) consists in killing *Cynodon* (1800 to 2160 g/ha of glyphosate) at the end of the previous rainy season (when it is in full vegetative stage, and very sensitive to systemic herbicides) to install a legume (as *Dolichos lab lab*) which will grow in the dry season and fix nitrogen. The next rainy season, rice can then be directly planted in the mulch made by *Dolichos*, simply cut or rolled on the ground. This technique can be used in the uplands ("Tanety") as well as in the paddy fields with poor water control which are often invaded by Bermuda grass in the Alaotra region.

Crop	Alaotra lake region			Highlands		
	Number of fields	Yield (kg/ha)	Net margin (x 1000 Ariary/ha)	Yield (kg/ha) Traditional technique	Number of fields	Yield (kg/ha) Traditional technique
Bean	3	1534	400-2 000	500-800	13	1 820
Soybean					15	1784
Bambara bean	1	2660	1 250	700-1100		
Cowpea	1	1330	585	700-800		
Upland rice	10	2500		< 1000	2	2 025
Rice after legume*	7	3090	1300-1500	<1500	1	3 750

Table 1. Yield and net margin of legumes and rice grown on *Cynodon*, in two regions of Madagascar

* *Dolichos lab lab* in Alaotra region, Soybean in the highlands

1 euro = 2 500 Ariary

Rice yield also is doubled and reaches 2.5 to 4 t/ha according to soil type and fertiliser amount. The interest of cultivating first a legume before rice is very clear in the Alaotra region as in the Highlands (Table 1). Net margins for systems with rice and *Dolichos lab lab* reach 1.3 to 1.5 millions Ariary/ha. Even for the degraded hillsides ("tanety"), the labour is valorised at 6 000 to 8 000 Ariary/day (Charpentier et al., 2005).

Conclusions

Local grass species known for their ability to improve soil structure (*Hypparhenia sp.*, *Stenotaphrum sp.*; etc.) also can be used for direct planting in their mulch. Very promising results have been achieved with upland rice on *Aristida sp.* in the South Eastern coast of Madagascar, on hydromorphous soils, usually uncultivated.

Other plants such as *Cynodon Tifton* or Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) have been tested (soybean yield reaching 2.3 to 2.9 t/ha in the highlands) and are now used by farmers as living cover (and forage production).

Experiments to use *Cynodon* for direct planting of other crops (such as Cassava) are being conducted. It can be expected that such systems, which combine protection of the environment and agro-economic performances, will rapidly be adopted on large scale by Malagasy farmers.



2.2. The use of *cynodon dactylon* as soil cover for direct seeding in Madagascar

Utilisation du *Cynodon dactylon* comme couverture végétale pour semis direct à Madagascar

Rakotondramanana ¹; Husson, O.²; Charpentier, H.³; Razanamparany, C.⁴; Andriantsilavo, M.⁴; Michellon, R.³; Moussa, N.⁴ and Séguy, L.⁵.

1. GSDM; BP 6039 Ambanidia, Antananarivo 101, Madagascar, gsdm.de@wanadoo.mg
2. CIRAD/GSDM, BP 6039 Ambanidia, Antananarivo 101, Madagascar, olivier.husson@cirad.fr
3. CIRAD/TAFA Madagascar, BP 853 Antananarivo 101, Madagascar, michellon@cirad.fr
4. TAFA; 906A 165 Villa Vatosoa, Ampihaviana Antsirabe 110 Madagascar, tafaantsirabe@wanadoo.mg
5. CIRAD, CP 504 Agencia Central 74001-970 Goiânia GO, Brazil, lucien.seguy@cirad.fr

Key words : *Cynodon dactylon*, Direct seeding on permanent soil cover, Madagascar, soybean, rice.

Introduction

Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) is known as a very invasive weed, difficult to get rid of. All over the world, practices have been developed to try to eradicate this widely spread and common weed (Burton and Hanna, 1984). They are often based on intense land preparation with several ploughings, especially at the beginning of the dry season, and important work for removing the rhizomes and weeding during the cultivation period. However, *Cynodon dactylon* is a good forage, widely used by farmers to feed their animals.

But it also has several properties of a good cover crop: growing on poor soil, rapidly covering the soil and thus preventing erosion, having a deep and dense rooting system (improving soil structure, recycling nutrients), suppressing most other weeds, etc.

Trying to get benefit from these qualities instead of fighting against this "weed", TAFA (Tany sy Fampandrosoana) and CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement), with farmers, have developed techniques of direct seeding, using *Cynodon dactylon* as a soil cover, in various agro-ecological areas of Madagascar.

Material and method

Experiments to control *Cynodon dactylon* started in 2001/2002 cropping season in the Highlands, in controlled plots conducted by TAFA, with direct planting of beans in the mulch. (4 replications, 0.5 ha). Simple tests to adapt the kind (glyphosate, paraquat and fluazifop-p-butyl) and dose of herbicides needed to control (keeping it alive for a living cover) or kill the grass (dead mulch) were conducted simultaneously.

The good results obtained, with over 2.2 t/ha of bean harvested on average every year (for less than 1 t/ha with traditional techniques) and the dramatic reduction in working time (Michellon et al., 2005; Charpentier et al., 2005), led in 2003/2004 to:

- i) try this technique with other crops such as soybean, Bambara bean (*Vigna subterranean*) and rice
- ii) propose it for extension/tests with farmers, and
- iii) adapt the practice for various environments (Alaotra lac region and Highlands, hillsides and rainfed lowlands)

Within two years, 20 farmers adopted this technique in Antsampanimahazo village (1650 m above sea level, where TAFA/CIRAD first proposed this system for extension) in the highlands, and 16 in the Alaotra region (900 m a.s.l.).

Results

Cropping practices

Four years of experiments and tests with farmers yielded knowledge and experience. Cropping practices adapted to specific situations and crops can already be proposed:

* For legumes:

1. *Cynodon dactylon* can be used as a dead mulch for cultivation of legumes (bean, soybean, cowpea and Bambara bean). In that case, it is killed with 1800-2160 g/ha of glyphosate (or alternatively 400 g/ha paraquat, more expensive and harmful than glyphosate, but with a faster effect). Legumes are directly seeded in its mulch. Yields increased (doubled on average) as compared to traditional practices is very significant, and fertilisation is not needed.

2. *Cynodon dactylon* also can be used as a living cover for cultivation of legumes (bean, soybean, etc.). In that case, it is simply controlled (but not killed) with 900-1080 g/ha of glyphosate (or 300 g/ha paraquat) before direct planting of legumes. The *Cynodon* must be controlled in such a way to avoid competition with the legume, but it should be able to start developing under the main crop. This requires precise herbicide application and is more difficult to master than cultivation on a dead mulch. However, it has the advantage of being cheaper, as fewer herbicide is used, but also to produce more as a synergy seems to appear between the two plants when *Cynodon* is kept alive.



Cowpea directly planted in Cynodon dactylon mulch

Also, as *Cynodon* will recover and starts growing again, this system can be reproduced the next year and the soil is permanently kept covered, which is not the case with the first system.

However, it is advised to alternate cultivation of bean with another legume (soybean for instance) to avoid risks of fungal disease.

In case of insufficient control of the *Cynodon* by the initial herbicide application and risk of competition, it is possible to apply a total herbicide (glyphosate or paraquat) between the legume rows, with a protection, or to apply in full stand 62.5 g/ha of fluazifop-p- butyl.

* For rice:

3. *Cynodon dactylon* can be used as dead mulch for direct seeding of upland rice. It is killed, as for legumes, with 1800-2160 g/ha of glyphosate. To grow a cereal on a cover made of grass, mineral fertilisation (50-100 N/ha) is needed at sowing, as mulch decomposition leads to N immobilisation in the beginning of the plant cycle. Thanks to a good soil structure (due to *Cynodon* roots), rice yield over 4 t/ha can be reached with proper fertilisation application.

4. The best practice for rice cultivation (especially in areas with a long dry season as in the Lac Alaotra) consists in killing *Cynodon* (1800-2160 g/ha of glyphosate) at the end of the previous rainy season (when it is in full vegetative stage, and very sensitive to systemic herbicides) to install a legume (as *Dolichos lab lab*) which will grow in the dry season and fix nitrogen. The next rainy season, rice can then be directly planted in the mulch made by *Dolichos*, simply cut or rolled on the ground.

This technique can be used in the upland as well as in the paddy fields with poor water control which are often invaded by Bermuda grass in the Alaotra region.

Yield and economic performances

With direct seeding on a *Cynodon* cover, the economic return for Bean, soybean or cowpea cultivation is extremely high as

- Yield is doubled on average as compared to traditional practice with soil tillage (table 1).
- The working time is dramatically reduced as ploughing is replaced by a simple herbicide application and weeding is not necessary. As a consequence, the labour is very well valorised (over 6 000-12 000 Ariary/day as compared to 1 500 Ariary/day for manpower)
- The cost of herbicides (25 000-30 000 Ariary/ha for living cover, 45 000-50 000 for killing the *Cynodon* with glyphosate) is equivalent to the cost of one ploughing with oxen (when two or three ploughing are needed to reduce *Cynodon* pressure).

The net return is extremely interesting for Bambara bean as yield increase is tremendous (300-400 %) with a soil cover as compared to a tilled, bare soil.

In the rich Baiboho (recent alluvial soils, usually with poor water control), with a Bean production of 2.4 t/ha without fertilisation, the net return reaches an exceptional 2 millions Ariary /ha (800 euros), and the labour productivity is 16 000 Ariary/day (Charpentier et al., 2005).

Rice yield also is doubled, which makes very interesting production of 2.5-3 t/ha to 4 t/ha according to soil

type and fertiliser amount. The interest of cultivating first a legume before rice is very clear in the Alaotra region as in the Highlands (Table 1).

As for bean, the best results are achieved on "baiboho", where 3.4 t/ha were obtained with only 80 N/ha, and 4 t/ha with 74N - 33 P₂O₅ - 24 K₂O. Net margins for systems with rice and Dolichos lab lab reach 1.3 to 1.5 millions Ariary/ha. Even for the degraded hillsides ("tanety"), with rice production of 2.5 t/ha, without ploughing or weeding, the labour is valorised at a level of 6 000-8 000 Ariary/day (Charpentier et al., 2005).

Crop	Alaotra lake region				Highlands		
	Number of fields	Yield (kg/ha)	Net margin (x 1000 Ariary/ha)	Yield (kg/ha) Traditional technique	Number of fields	Yield (kg/ha)	Yield (kg/ha) Traditional technique
Bean	3	1534	400-2 000	500-800	13	1 820	700-1000
Soybean					15	1784	800-1000
Bambara bean	1	2660	1 250	700-1100			
Cowpea	1	1330	585	700-800			
Upland rice	10	2500		< 1000	2	2 025	600-800
Rice after legume*	7	3090	1300-1500	<1500	1	3 750	

* Dolichos lab lab in Alaotra region, Soybean in the highlands

1 euro = 2 500 Ariary

Table 1. Yield and net margin of legumes and rice grown on *Cynodon*, in two regions of Madagascar

Although very recent, these systems based on direct planting on a permanent soil cover made of a local grass are being rapidly adopted by farmers.

Cynodon can even be installed for use as cover crop: For legumes, a living cover with a sterile hybrid of *Cynodon* (*Cynodon Tifton*) has been tested with success and is now recommended for extension. Other plants such as Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) also are used as living cover (and forage production at the same time), also with success (soybean yield reaching 2.3 to 2.9 t/ha in the highlands).

Experiments to use *Cynodon* for direct planting of other crops (such as Cassava) are being conducted.

In the same spirit of using nature strength, local grass species known for their ability to improve soil structure (*Hypparhenia* sp., *Stenotaphrum* sp.; etc.) have been tested and are now used by farmers for direct planting in their mulch. Very promising results have been achieved with upland rice on *Aristida* sp. in the South East coast of Madagascar, on hydromorphous soils, usually uncultivated.

It can be expected that such systems, which combine respect and protection of the environment with agro-nomic and economic performances will rapidly improve Malagasy farmers' conditions.

References

Burton, G. W. and W. W. Hanna. 1984. Bermudagrass. In R. F. Barnes, D. A. Miller, C. J. Nelson, eds. Forages. Iowa State University Press. Ames, Iowa. pp.421-424.

Charpentier, H.; Razanamparany, C.; Andriantsilavo, M.; Andriamandraivonona, M. and Rakotoarivo, C., 2005: Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar: Rapport de campagne 2003/04. Lac Alaotra, Sud-Est et Morondava. TAFA, Antsirabe, Madagascar, 102 p + annexes.

Michellon R., Razanamparany C., Moussa N., Andrianasolo H., Fara Hanitriniaina JC., Razakamanatoanina R., Rakotovasaha L., Randrianaivo S., Rakotaniaina F. (2005). Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologique à Madagascar. Rapport de campagne 2003-2004. Hautes-Terres et Moyen Ouest. Financement AFD-FFEM-CIRAD-MAEP, GSDM, TAFA, 113 p.

New rice varieties and cropping systems for paddy fields with poor water control in Madagascar

Charpentier H.¹; Husson, O.²; Andriantsilavo M.³; Chabaud, C.⁴; Ravanomanana E.⁴; Michellon R.¹; Moussa N.³; Rakotondralambo A.⁵ and Séguy, L.⁶



SEBOTA 41 fields in Alaotra lake region

Developing and maintaining water control in paddy fields is difficult, costly and requires sufficient water reserves. Thus, even in the main rice growing area of Madagascar, the Alaotra lake region (800 metres above sea level), only 30 000 ha of paddy fields can be properly irrigated when over 70 000 ha will remain under poor water control.

In these fields, traditional techniques based on irrigated cropping practices are very unreliable: late transplanting (which can be done only when sufficient water is available) and occurrence of dry conditions at the end of the plant cycle lead to usually low yields (0.8 to 1 t/ha on average) and production is very unreliable (from nil, during the dry years to 3t/ha when rains are favourable), which makes crop intensification very hazardous.

For such situations, a change in paradigm is proposed: abandoning irrigated practice and making the choice of growing upland or "poly-aptitude" rice varieties (SEBOTA) with agro-ecological practices adapted to the specific field water regime.

Material and method

From 2001/2002, TAFA and CIRAD introduced in Madagascar some SEBOTA varieties and tested with farmers new cropping practices for paddy fields with poor water control in the Alaotra region (1 ha in 2002/2003, 7 ha in 2003/2004, a very dry year with 600-800 mm rain). In 2004/2005, extension of these varieties/practices over 300 hectares (400 farmers) was conducted in this region by SDMad, BRL Madagascar, TAFA and ANAE, four members of the Direct Seeding Group of Madagascar (GSDM). Results presented here have been obtained from 148 fields (90.2 ha) monitored by BRL and SDMad and 134 fields (32.3 ha) monitored by TAFA during the 2004/2005 cropping season, with very difficult climatic conditions: late occurrence of the first rain, followed by intense rains and fields submersion.

Results

Rice yield

The average yield was 3.46 t/ha in fields monitored by BRL/SD Mad and 3.55 t/ha in fields monitored by TAFA.

85 % and 91 % (for respectively BRL/SD Mad and TAFA) of the fields produced more than 2 t/ha, with a positive net margin and an interesting valorisation of the labour.

10 % and 15 % (for respectively BRL/SD Mad and TAFA) of the fields produced more than 5 t/ha with a high average margin of 750 000 Ariary (300 Euros)/ha and an excellent valorisation of the labour.

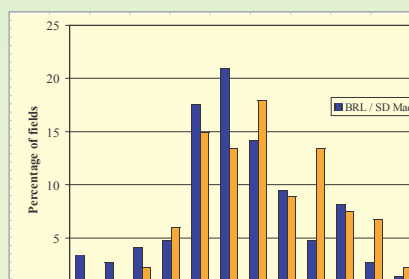


Figure 1: Distribution of yield classes for 148 fields monitored by BRL/SDMad and 134 fields monitored by TAFA in the Alaotra region.

Effects of soil type and water regime

In fields monitored by TAFA, best yields are obtained on alluvial soils (5.87 t/ha on average for 6 fields), the lowest one in paddy fields at high elevation (2.43 t/ha for 9 fields), usually grown with upland rice varieties. Yield in clayey paddy fields (n = 25) or in organic paddy fields (n = 43) are similar (3.52 t/ha on average) and very similar to yield obtained on "baiboho" (recent alluvial soils, usually at high elevation but with capillary rise), with 3.49 t/ha (n = 51).

This trend is confirmed by BRL/SD Mad results: Yield in alluvial soils is on average 740 kg/ha higher than on organic soil, although only urea (80 N) was applied on alluvial soils whereas organic soils received an additional 60 units of P2O5.



B22 and SEBOTA 65 in Alaotra.

Impacts of cropping practices in relation to water regime

The highest yields are obtained with direct planting (no tillage) when vegetation and water conditions allow it: 3.7 t/ha on average in fields monitored by TAFA (n = 32). However, this requires use of herbicides and pesticides, which are not needed when transplanting young seedling after land preparation (possible only when water is available early), with a similar yield: 3.65 t/ha (n = 11).

Sowing rice in dry conditions after land preparation (using herbicides and pesticides) is the most commonly applied technique, with an interesting average yield of 3.51 t/ha (n = 78).

Finally, planting pregerminated rice seeds in mud after land preparation (when hydric conditions requires it), can be done, but with an average yield lower than with other techniques (3.24 t/ha, although yield can be up to 6.45 t/ha), and requires use of insecticides against *Heteronycus* sp..

Variety	Number of fields	Area (ha)	Average yield (t/ha)	Cycle in Alaotra region (days)	Aptitude
FOFIFA 154	28	6.45	3.17	105	Upland
B22	37	9.75	3.36	110	Upland
SEBOTA 147	3	0.7	2.99	110	Poly-aptitude
SEBOTA 281	10	3.0	3.35	115	Poly-aptitude
SEBOTA 33	7	0.8	4.23	118	Poly-aptitude
SEBOTA 41	35	9.8	3.93	120	Poly-aptitude
SEBOTA 65	10	1.7	3.83	120	Poly-aptitude

Table 1: Rice yield according to variety (130 fields monitored by TAFA)

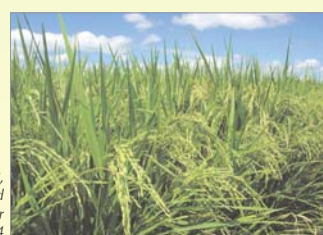
Varieties

SEBOTA 41, 65 and 281 have been identified as the best varieties available in 2004/2005 and are grown by farmers on large areas (Table 1).

The area under SEBOTA 33 (highest yield) was limited by seeds availability. Recently introduced varieties (as SEBOTA 68 and 70) with very short cycle and high tillering capacity yielded respectively 5.8 and 7.6 t/ha in TAFA experiments (less than 0.1 ha) and will be released for extension in 2005/06.

Conclusions

Two very contrasted climatic years (dry in 2003/2004 and very high rainfall in 2004/2005) demonstrated the excellent performances of SEBOTA varieties and the new practices they made possible: a high yield (with excellent grain quality) can be securely achieved in all conditions, which makes intensification possible. It is expected that a rapid extension of these varieties (3000 ha scheduled for 2005/2006), together with the cropping systems adapted to specific fields conditions will allow to rapidly reach self sufficiency in Madagascar, within a few years.



SEBOTA 68, introduced in Madagascar in 2004

New cropping practices made possible by SEBOTA varieties

SEBOTA (named after their French creators in Brazil: L. Séguy, S. Bouzinac and J. Taillebois) are "poly-aptitude" varieties which have the ability to grow either in rainfed or in irrigated conditions and have a good grain quality. Thus, they can be used (Séguy, L., Personal communication; Chabaud and Charpentier, 2004):

1. In paddy fields in which water is available late in the season, planting rice in rainfed conditions at the beginning of the rainy season, followed by a legume cover crop (*Dolichos lab lab*, *Vicia villosa*, etc.) which will be used as mulch for very early direct planting (without tillage) of the next rice crop.
2. For planting pre-germinated seeds in mud, in paddy fields in which water is sufficient at the beginning of the rainy season for land preparation but in which a water layer can not be kept.
3. In paddy fields in which irrigation water is available at the beginning of the rainy season but not always at the end. These varieties can be sown or transplanted as for irrigated paddy fields, but they will not suffer from "dry" conditions when irrigation water stops.

Another possibility, used with success in the Alaotra region, is to grow rice in the dry season, planting it in water in fields along the lake shore and taping water using capillary rise when the lake water has receded. With such systems, harvesting is done at the beginning of the rainy season, when rice prices are high.

Introduction of new varieties (SEBOTA 68 and 70), with shorter plant cycle (101-103 days in the Alaotra region) will allow to also propose extension of these practices to the highlands (above 1200 m.a.s.l.), where paddy field with poor water control cover hundreds thousands hectares.

Also, the same principles can be adapted for the humid eastern coast, where drainage of the lowlands and use of these varieties in upland conditions with a very early planting make it possible to avoid iron toxicity, reduce the risk of damages by cyclones and allow very early harvesting in January, when rice is sold at its highest price.

Finally, these varieties, as they respond very well to higher fertilisation level (although they also perform rather well with limited fertilisation), can be used for intensive production in well irrigated paddy fields (with yield above 10-12 t/ha in the best conditions).

References

Charpentier, H.; Razanamparany, C.; Andriantsilavo, M.; Andriamandraivonona, M. and Rakotoarivo, C., 2005: *Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar: Rapport de campagne 2003/04*. Lac Alaotra, Sud-Est et Morondava. TAFA, Antsirabe, Madagascar, 102 p + annexes.

Chabaud, C. and Charpentier, H., 2004: *Conseils pour l'utilisation de semences de riz brésiliens poly-aptitudes*; SD Mad, TAFA, Antananarivo, Madagascar ; 14 p.



2.3. New rice varieties and cropping systems for paddy fields with poor water control in Madagascar

De nouvelles variétés de riz et des systèmes de culture pour les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau à Madagascar

Charpentier H.¹, Husson O.², Andriantsilavo M.³, Chabaud C.⁴; Ravanomanana E.⁴, Michellon R.¹, Moussa N.³, Rakotondralambo A.⁵ and Séguy L.⁶.

1. CIRAD/TAFA, BP 853 Antananarivo 101, Madagascar, hubert.charpentier@cirad.fr
2. CIRAD/GSDM, BP 6039 Ambanidia, Antananarivo 101, Madagascar, olivier.husson@cirad.fr
3. TAFA, 906A 165 Villa Vatosoa, Ampihaviana Antsirabe 110 Madagascar, tafaantsirabe@wanadoo.mg
4. BRL Madagascar/SD Mad, BP 87, Antananarivo 101, Madagascar; cchabaud@wanadoo.mg
5. ANAE/GSDM, Lot II-Y-39 A bis, AMpasanimalo, Antananarivo 101, Madagascar; anae@wanadoo.mg
6. CIRAD, CP 504 Agencia Central 74001-970 Goiânia GO, Brazil, lucien.seguy@cirad.fr

Key words

Rice, SEBOTA, cropping systems, rainfed lowlands, Madagascar

Introduction

Developing and maintaining water control in paddy fields is difficult (especially in erosion prone areas), costly and requires sufficient water reserves. Thus, even in the main rice growing area of Madagascar, the Alaotra lake region (800-900 m above mean sea level), only 30 000 ha of paddy fields can be properly irrigated when over 70 000 ha will remain under poor water control.

In these fields, farmers usually apply the same techniques as for irrigated rice, either very late (as they need enough rain water to prepare the soil and transplant rice) or with the risk that dry conditions occur at the end of the plant cycle when irrigation can not be insured. In both cases, expected yield is low (0.8 to 1 t/ha on average) and production is very unreliable (from nil, during the dry years to 3t/ha when rains are favourable), which makes crop intensification very hazardous.

For such situations, a change in paradigm is proposed: recognizing that irrigated practices are hazardous and making the choice of growing upland or "poly-aptitude" rice varieties (SEBOTA) with practices adapted to the specific field water regime.



SEBOTA varieties in Alaotra region

Material and method

From 2001/2002, TAFA (TAny sy FAmpanandrosoana, a local NGO) and CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, France) tested with some farmers the possibility to grow short-cycle upland rice varieties (FOFIFA 154 and B22) in paddy fields with poor water control, by directly planting them in a mulch of legume (Dolichos lab lab, Vigna sp., Vicia vilosa, etc.) produced during the dry season.

The excellent results obtained for paddy fields with very poor water control, with yield up to 5 t/ha, encouraged farmers to try this technique and 7 ha were cultivated during the 2003/2004 cropping season, with the same success despite the exceptionally dry climatic conditions (600-800 mm of rain only).

The same year, SEBOTA varieties recently introduced in Madagascar were tested by TAFA and CIRAD, with even higher performances for SEBOTA 41, 65, 33 or 281 for instance: 2 to 3.5 t/ha without fertilisation, 5 to 7,4 t/ha with a medium fertilisation level as recommended in the area (Charpentier et al., 2005). These excellent results achieved under very dry conditions, when most other fields in the same situations could not produce more than a few hundreds kilograms per hectare, created a high demand from local farmers for these varieties and these new cropping practices.

The next year, extension of these varieties/practices over 300 hectares (and 400 farmers) was conducted by SDMad, BRL Madagascar, TAFA and ANAE, four organisations members of the Direct Seeding Group of Madagascar (GSDM), with the financial support of the "Projet Bassins Versants-Lac Alaotra" and the "Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar", two projects funded by AFD (Agence Française du Développement) FFEM (Fonds Français pour l'Environnement Mondial), CIRAD and MAEP (Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, Madagascar).

24 New rice varieties and cropping systems for paddy fields with poor water control

The very difficult cropping conditions in 2004/2005 (first rain coming very late, then intense rains leading to fields submersion, followed by dry period and intense rain again) made it necessary to rapidly adapt the cropping practices to the specific field conditions. This was a chance to test the extraordinary capacity of these SEBOTA varieties to sustain very contrasted and fast changing hydric conditions (from drought to submersion within a few days).

New cropping practices made possible by SEBOTA varieties

SEBOTA (named after their French creators in Brazil: L. Séguy, S. Bouzinac and J. Taillebois) are "poly-aptitude" varieties which have the ability to grow either in rainfed or in irrigated conditions and have a good grain quality. They allow a change in paradigm, proposing various cropping practices adapted to specific situations of paddy fields with poor water control (Chabaud and Charpentier, 2004):

1. In paddy fields in which water arrives late, rice can be planted early in rainfed conditions at the beginning of the rainy season (thus optimizing the use of the rainy season for crop growth and avoiding risk of drought at the end of the plant cycle). At the end of the rainy season, a legume cover crop (*Dolichos lab lab*, *Vigna* sp., *Vicia vilosa*, etc.) can be planted. It will grow by tapping water from deep in the soil thanks to its strong root system and will be used as mulch for direct planting (without tillage) of the next rice crop, at the very beginning of the following rainy season.

2. Planting pre-germinated seeds in mud also is possible for paddy fields in which water is sufficient at the beginning of the rainy season for land preparation by in which a water layer can not be kept.

3. In paddy fields in which irrigation water is available at the beginning of the rainy season but not always at the end (irrigated perimeters with insufficient water reserve for instance), these varieties can be sown as for irrigated situations, but they will not suffer from "dry" conditions when irrigation water stops, as they can perform well also under rainfed conditions.

The choice of the variety is made according to field conditions: upland varieties (B22 and FOFIFA 154) can be used for fields in high positions with low risk of submersion, and SEBOTA are preferred for all paddy fields with uncontrolled water in which dry and submerged conditions occur during a growing period.

Results

Rice yield

Preliminary results (analysis from 148 fields, for a total area of 90.2 ha) from BRL/SDMad in Alaotra lake give an overall average yield of 3.46 t/ha.

Only 4 fields did not produce (deep submersion immediately after planting or very late planting) Including these fields, a total of 6% of the fields only yielded less than 1t/ha (which is not enough to cover the cost of the inputs when fertilisation is applied) despite the very difficult climatic conditions for this cropping season.

62 % of the fields produced between 2 and 4 t/ha, 10 % of the fields producing more than 5 t/ha with an average margin of 750 000 Ariary (300 Euros)/ha and a high valorisation of the labour (calculation basis: paddy price = 300 Ariary/kg).



Average yield are lower on the eastern shore of the Alaotra lake (3 t/ha on average for 28.5 ha), where rains came later than on the western shore, leading to very late sowing in January.

These results are similar to those obtained by TAFE, (134 fields on 32.3 ha), with an average yield of 3.55 t/ha, with only one field producing less than 1t/ha (figure 1).

In both cases, 75 % of the fields yielded between 2 and 5 t/ha.

85 % and 91 % (for respectively BRL/SD Mad and TAFE) of the fields produced more than 2 t/ha, with a positive net margin and an interesting valorisation of the labour.

SEBOTA varieties in Alaotra region



Sebota 68 roots system (left) vs. upland rice variety (B22) roots system (right)

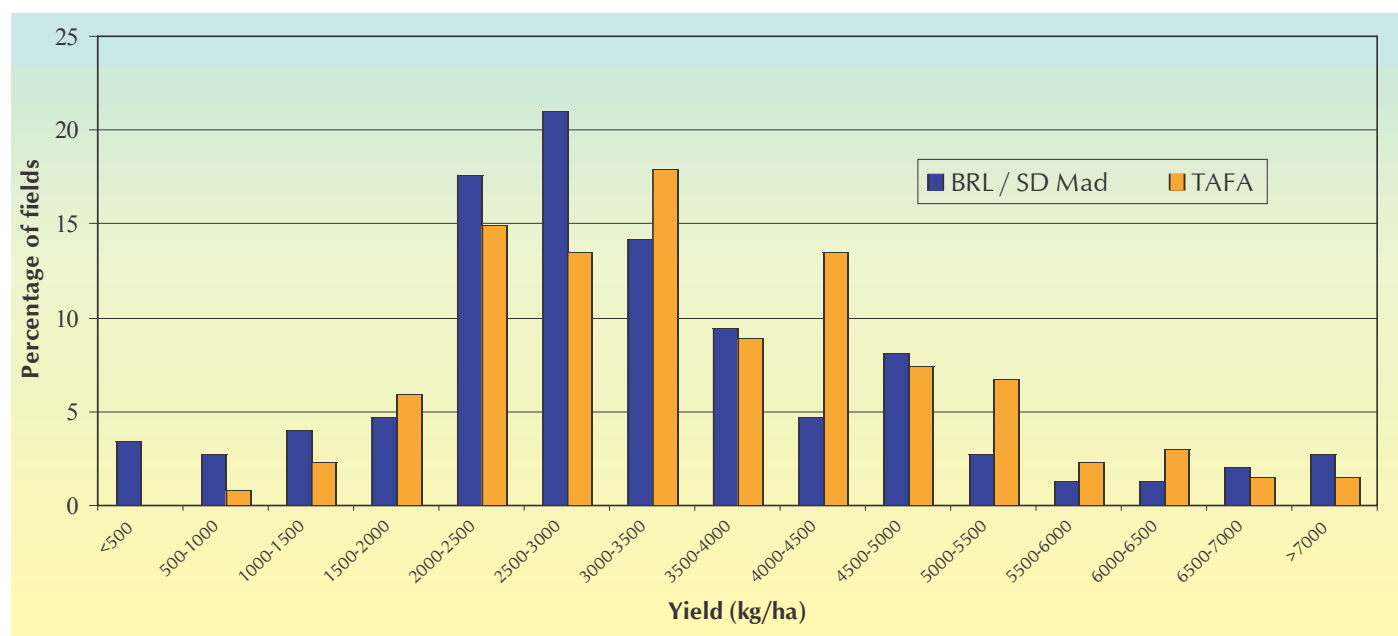


Figure 1: Distribution of yield classes for 148 fields (90.2 ha) assisted by BRL/SDMad and 134 fields (32.3 ha) assisted by TAFE in the Alaotra region, 2004/2005 cropping season.

Influence of soil type and water regime

Analysis of the 134 fields monitored by TAFE shows that the best yield is obtained on alluvial soils (5.87 t/ha on average for 6 fields), the lowest one in paddy fields at high elevation (2.43 t/ha for 9 fields), usually grown with upland rice varieties.

Yield in clayey paddy fields (n = 25) or in organic paddy fields (n = 43) are similar (3.52 t/ha on average) and very similar to yield obtained on "baiboho"(recent alluvial soils, usually at high elevation but with capillary rise), with 3.49 t/ha (n = 51).

This trend is confirmed by BRL/ SD Mad results: Yield in alluvial soils is on average 740 kg/ha higher than on organic soil, although only urea (80 N) was applied on alluvial soils when organic soils received an additional 60 units of P2O5.

Influence of cropping practices in relation to water regime

The highest yields by farmers working with TAFE are obtained with direct planting (no tillage) when vegetation and hydric conditions allow it: 3.7 t/ha on average (n = 32). However, this requires use of herbicides and pesticides (especially to reduce the damages caused by *Heteronychus* sp. which can annihilate production when not treated)

Transplanting young seedling after land preparation can be done only when water is available and produces as well as with direct planting: 3.65 t/ha (n = 11). In such case, insecticides are not needed.

Sowing rice in dry conditions after land preparation is the most commonly applied (an applicable) technique, and also is efficient (3.51 t/ha on average, n= 78). However, it requires use of herbicides and insecticides.

Finally, planting pregerminated rice seeds in mud after land preparation (when hydric conditions requires it), can be done, but with an average yield lower than with other techniques (3.24 t/ha, although yield can be up to 6.45 t/ha), and requires use of insecticides against *Heteronychus* sp..

Varieties

Variety	Number of fields	Area (ha)	Average yield (t/ha)	Cycle in Alaotra region (days)	Aptitude
FOFIFA 154	28	6.45	3.17	105	Upland
B22	37	9.75	3.36	110	Upland
SEBOTA 147	3	0.7	2.99	110	Poly-aptitude
SEBOTA 281	10	3.0	3.35	115	Poly-aptitude
SEBOTA 33	7	0.8	4.23	118	Poly-aptitude
SEBOTA 41	35	9.8	3.93	120	Poly-aptitude
SEBOTA 65	10	1.7	3.83	120	Poly-aptitude

Table 1: Rice yield according to varieties (130 fields monitored by TAFE)

26 New rice varieties and cropping systems for paddy fields with poor water control

Some poly-aptitude varieties such as SEBOTA 41, 65 and 281 appear to perform better than others and have been identified by farmers as can be seen from the cultivated area for each variety. SEBOTA 33, recently released, performs very well. Recently introduced varieties (as SEBOTA 68 and 70) with very short cycle (101 and 103 days respectively), very high tillering capacity (up to 90 tillers/plant) performed extremely well in small TAFE experiments (less than 0.1 ha), with yield of 5.8 and 7.6 t/ha respectively. They will be released in 2005/06 after multiplication in irrigated conditions in the southern part of Madagascar.

Conclusions

The two very contrasted climatic years (dry in 2003/04 and very intense rains in 2004/2005) allowed to gain rapidly experience and knowledge on the performances of these varieties and the proposed techniques in a large range of conditions.

These results demonstrate the excellent performances of these varieties and the new practices they made possible: a high yield (with excellent grain quality) can be securely achieved in all conditions, which makes intensification possible.

These varieties together with new cropping practices and systems are being extended in the Alaotra region (3 000 hectares are scheduled for 2005/06).

Introduction of new varieties (SEBOTA 68 and 70), with shorter plant cycle (101-103 days in the Alaotra region) will allow to also propose extension of these practices to the highlands (up to 1600 m high), where paddy field with poor water control cover hundreds thousands hectares.

Also, the same principles can be adapted for the humid eastern coast, where drainage of the lowlands and use of these varieties in upland conditions with a very early planting make it possible to avoid iron toxicity, reduce the risk of damages by cyclones and allow very early harvesting in January, when rice is commercialized at its highest price.

Another possibility, used with success in the Alaotra lake region, is to grow rice in the dry season, planting it in water in fields along the lake shore and taping water using capillary rise when the lake water has receded. With such systems, harvesting is done at the beginning of the rainy season, when rice prices are high.

Finally, these varieties, as they respond very well to high fertilisation level (although they also perform rather well with limited fertilisation), can be used for intensive production in well irrigated paddy fields (with yield above 10-12 t/ha in the best conditions).

It is expected that a rapid extension of these varieties, together with the cropping systems adapted to specific fields conditions will allow to rapidly reach self sufficiency in Madagascar, within a few years.

References

Charpentier, H.; Razanamparany, C.; Andriantsilavo, M.; Andriamandraivonona, M. and Rakotoarivo, C., 2005: Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar: Rapport de campagne 2003/04. Lac Alaotra, Sud-Est et Morondava. TAFE, Antsirabe, Madagascar, 102 p + annexes.

Chabaud, C. and Charpentier, H., 2004: Conseils pour l'utilisation de semences de riz brésiliens poly-aptitudes; SD Mad, TAFE, Antananarivo, Madagascar ; 14 pp.



SEBOTA varieties in Alaotra region

New rice varieties and cropping systems for paddy fields with poor water control 27



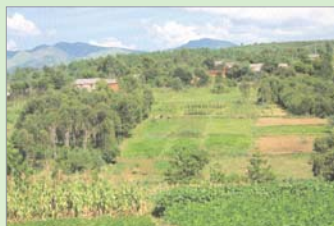
Paddy fields with poor water control

- 7 *Sebota 68 (Alaotra region)*
- 8 *Sebota 68 (Alaotra region)*
- 9 *B22 (Alaotra region)*
- 10 *Sebota 41 (Alaotra region)*
- 11 *High grain quality (Espadon)*

Conception de systèmes de culture sur couverture végétale permanente avec un minimum d'intrants sur les hautes-terres Malgaches

Michellon R.¹; Ramaroson, I.²; Razanamparany, C.²
Moussa N.² et Séguy, L.³

1. CIRAD/TAFA, BP 266 Antsirabe 110, Madagascar, roger.michellon@cirad.fr
2. TAFA, 906A 165 Villa Vatosoa, Ampihaviana Antsirabe 110 Madagascar, tafaantsirabe@wanadoo.mg
3. CIRAD, CP 504 Agencia Central 74001-970 Goiânia GO, Brazil, lucien.seguy@cirad.fr



Terroir villageois d'Antsanimahazo, Hautes terres

Sur les Hautes-Terres de Madagascar, l'augmentation de la pression démographique et la saturation des bas-fonds rizicoles entraînent une surexploitation des collines aux sols fragiles. Les techniques de culture traditionnelle, telles que le labour manuel, conduisent à une érosion intense, à une baisse de la fertilité et des rendements, qui condamnent à terme cette agriculture de subsistance.

Pour surmonter ces problèmes des expérimentations en semis direct sur couverture permanente (S.C.V.) ont été conduites depuis plus de 10 ans par TAFA et le CIRAD, couvrant les diverses situations de la région. Après maîtrise de la reproductibilité des systèmes face à une variabilité climatique suffisante, ils sont diffusés au niveau des terroirs villageois afin de les intégrer aux règles de gestion communautaire, d'élaborer un référentiel technico-économique et de former les partenaires pour leur diffusion.

Caractéristiques des sites et environnement

Les sols des collines généralement ferrallitiques, d'origine cristalline ou sédimentaire, sont acides et se compactent à faible profondeur.

Le climat tropical d'altitude (1500 m) permet de pratiquer des cultures diversifiées sur les surfaces très réduites exploitées en faire-valoir direct. Outre sa fonction de capitalisation, l'élevage produit le fumier pour le maintien de la fertilité et procure la majorité des revenus grâce à la production laitière. Son alimentation constitue un problème majeur en saison sèche.

L'évaluation agronomique et économique des systèmes en S.C.V. par rapport aux pratiques traditionnelles (avec labour) est réalisée sur des dispositifs pérennisés avec différentes fumures :

-F1 : fumier seul

-F2 : fumier + fumure minérale recommandée

-F3 : fumier + fumure minérale élevée.

Les systèmes sont orientés vers la production vivrière ou privilégient une meilleure intégration avec l'élevage : soit en semis direct sur les résidus de culture, en utilisant parfois l'avoine en dérobé, soit en associant la culture principale à des couvertures vivres fourragères.

Résultats

Les premières expérimentations ont été installées avec le niveau de fumure conseillée (F2) afin de produire une biomasse suffisante, et poursuivies en réduisant les apports après 4 ans.

Malgré cet investissement, la production du soja stagne, puis régresse avec labour, alors qu'elle augmente régulièrement en S.C.V. et se stabilise après suppression de la fertilisation minérale (Figure 1).

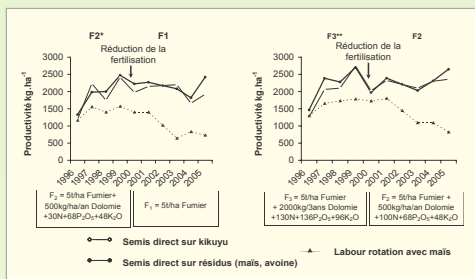


Figure 1: Evolution de la productivité moyenne du soja sur sols ferrallitiques de très basse fertilité initiale.

Conclusions

Les relations entre cette agriculture améliorée et l'élevage apparaissent comme un moteur de l'adoption des S.C.V. Ces techniques augmentent les revenus et la productivité de la main d'œuvre grâce à la suppression du labour manuel.

Les conséquences sont également très favorables pour l'environnement des agriculteurs, de cette zone d'altitude (Michellon et al, 1996) : protection totale des rizières et aménagements contre l'érosion, meilleure régulation du régime hydrique à l'échelle du bassin versant, restauration de la fertilité avec réactivation de la macrofaune du sol et recyclage des éléments minéraux. Les apports de fumier (indispensables en sol nu) peuvent être réduits en S.C.V. L'état sanitaire des cultures s'améliore aussi : réduction des dégâts de certains parasites (ver blanc), maladies, ...

L'ensemble des effets positifs induits par ces techniques devrait conduire à moyen terme à une progression très nette des conditions de production des exploitations agricoles des Hautes-Terres.

Références

Michellon R., Séguy L., Perret S. (1996). *Geranium rosat* : conception de systèmes durables avec couverture herbacée (*Geranium rosat* sur lotier et kikuyu : une innovation durable à la Réunion). In Actes des 15èmes Journées internationales huiles essentielles, APPAM, p 656-670, 5-7 septembre 1996, Digne-les-Bains. Rivista Italiana EPPS (1997), 816 p.
Michellon R., Razanamparany C., Moussa N., Andrianasolo H., Fara Hanitriniaina JC., Razakamanatoina R., Rakotovasaha L., Randrianavo S., Rakotaniaina F. (2005). *Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar. Rapport de campagne 2003-2004. Hautes-Terres et Moyen Ouest. Financement AFD-FFEM-CIRAD-MAEP, GSDM, TAFA, 113 p.*

L'effet de l'apport de fumure est moins marqué en S.C.V. qu'avec le labour. Le soja cultivé sur résidus de maïs ou d'avoine peut être associé, avec des rendements équivalents, à une couverture vive de kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), bien valorisée comme fourrage.

Pour le maïs très affecté par les cyclones en 2004, l'écobuage réalisé en 1996 permet d'obtenir une production élevée en association avec le trèfle du Kenya (*Trifolium semipilosum*), l'arachide pérenne (*Arachis pintoï*) ou le *Desmodium uncinatum* (Figure 2).



Maïs en semis direct sur couverture vive de *Desmodium uncinatum*.

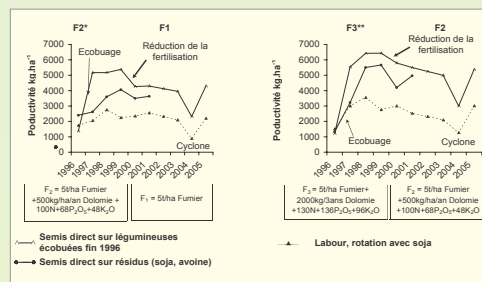
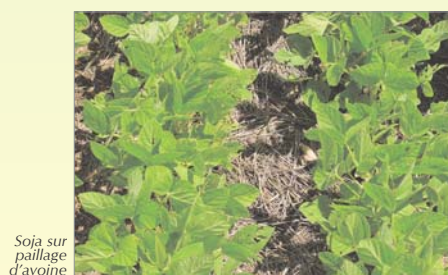


Figure 2: Evolution de la productivité moyenne du maïs sur les sols ferrallitiques de très basse fertilité initiale.

Lors de la diffusion des S.C.V. sur les terroirs villageois, les propositions sont adaptées et diversifiées avec les agriculteurs. Deux objectifs guident leur choix : l'accroissement des ressources alimentaires avec le riz pluvial comme priorité, ou des fourrages pour l'élevage laitier (Michellon et al, 2005). Les règles de gestion communautaire des ressources peuvent même être modifiées, comme la vaine pâture : les résidus de récolte conservés comme paillage sont alors considérés comme des cultures par les éleveurs et respectés.

Pour augmenter les productions avec un minimum d'intrants et remettre en culture les terrains dégradés et abandonnés, deux solutions sont adoptées :

- l'association de la production principale avec des espèces fourragères, essentiellement *Brachiaria ruziziensis*, très rustique et qui restaure la fertilité du sol, opérant comme une "pompe biologique".
- ou le recours à l'écobuage réalisé généralement pour la pomme de terre qui sera suivie d'une avoine en dérobé (partiellement utilisable en fourrage), puis de riz en S.C.V. l'année suivante avec des rendements proches de 3t/ha.



Soja sur paillage d'avoine

2.4. Conception de systèmes de culture sur couverture végétale permanente avec un minimum d'intrants sur les hautes-terres malgaches

Designing cropping systems based on direct seeding on permanent soil cover with minimum inputs for Madagascar highlands

Michellon R¹, Ramaroson I², Razanamparany C.², Moussa N.², Seguy L.³

1. CIRAD/TAFA, BP 266, Antsirabe 110, Madagascar, roger.michellon@cirad.fr

2. TAFA, TAny sy FAmpanandrosoana, BP 266, Antsirabe 110, Madagascar, tafaantsirabe@wanadoo.mg

3. CIRAD, CP 504 Agencia central, 74001-970 Goiânia GO, Brésil, lseguy@zaz.com.br

Mots clés : Madagascar, Hautes-Terres, S.C.V., élevage.

Introduction

Sur les Hautes-Terres de Madagascar, l'augmentation de la pression démographique et la saturation des bas-fonds rizicoles entraînent une surexploitation des collines aux sols fragiles. Les techniques de culture traditionnelle, telles que le labour manuel, conduisent à une érosion intense, à une baisse de la fertilité et des rendements, qui condamnent à terme cette agriculture de subsistance.

Objectifs

Pour surmonter ces problèmes des expérimentations en semis direct sur couverture permanente (S.C.V.) ont été conduites depuis plus de 10 ans par TAFA (Terre et Développement, Madagascar) et le CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, France), couvrant les diverses situations agro-écologiques et socio-économiques de la région (Rakotondralambo, Razanamparany, 1998). Après maîtrise de la reproductibilité des systèmes face à une variabilité climatique suffisante, ils sont diffusés au niveau des terroirs villageois afin de les intégrer aux règles de gestion communautaire, d'élaborer un référentiel technico-économique et de former les partenaires pour leur diffusion.

Caractéristiques des sites et environnement

Les sols des collines généralement ferrallitiques, d'origine cristalline ou sédimentaire, sont acides et désaturés et se compactent à faible profondeur. Dans les bas-fonds étroits l'eau est mal maîtrisée.

Le climat tropical d'altitude (1500m) avec une pluviométrie annuelle de 1300 mm répartie d'octobre à avril, et une température moyenne de 16°C, permet de pratiquer des cultures diversifiées.

Les agriculteurs exploitent de faibles surfaces (inférieures à 1ha par actif) en rapide régression, avec des jachères réduites. Le mode de faire-valoir direct est dominant, mais le capital est faible (limité aux bovins). Outre sa fonction de capitalisation, l'élevage produit le fumier pour le maintien de la fertilité et procure la majorité des revenus grâce à la production laitière. Son alimentation constitue un problème majeur en saison sèche.

L'évaluation agronomique et économique des systèmes en S.C.V. par rapport aux pratiques traditionnelles (avec labour) est réalisée sur des dispositifs pérennisés avec différentes fumures :

- F1 : fumier seul (pratique des agriculteurs)

- F2 : fumier + fumure minérale recommandée

- F3 : fumier + fumure minérale élevée (non limitante pour la croissance des plantes)

Les systèmes sont orientés vers la production vivrière ou privilégient une meilleure intégration avec l'élevage : soit en semis direct sur les résidus de culture, en utilisant parfois l'avoine en dérobé, soit en associant la culture principale à des couvertures vives fourragères.

Résultats

Les premières expérimentations ont été installées avec le niveau de fumure conseillée (F2) afin de produire une biomasse suffisante, et poursuivies en réduisant les apports après 4 ans.

Malgré cet investissement, la production du soja stagne, puis régresse avec labour, alors qu'elle augmente régulièrement en S.C.V. et se stabilise après suppression de la fertilisation minérale (figure 1).

L'effet de l'apport de fumure est moins marqué en S.C.V. qu'avec le labour. Le soja cultivé sur résidus de maïs ou d'avoine peut être cultivé, avec des rendements équivalents, sur une couverture vive de kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), bien valorisé comme fourrage.

30 Conception de systèmes SCV avec un minimum d'intrants sur les hautes-terres

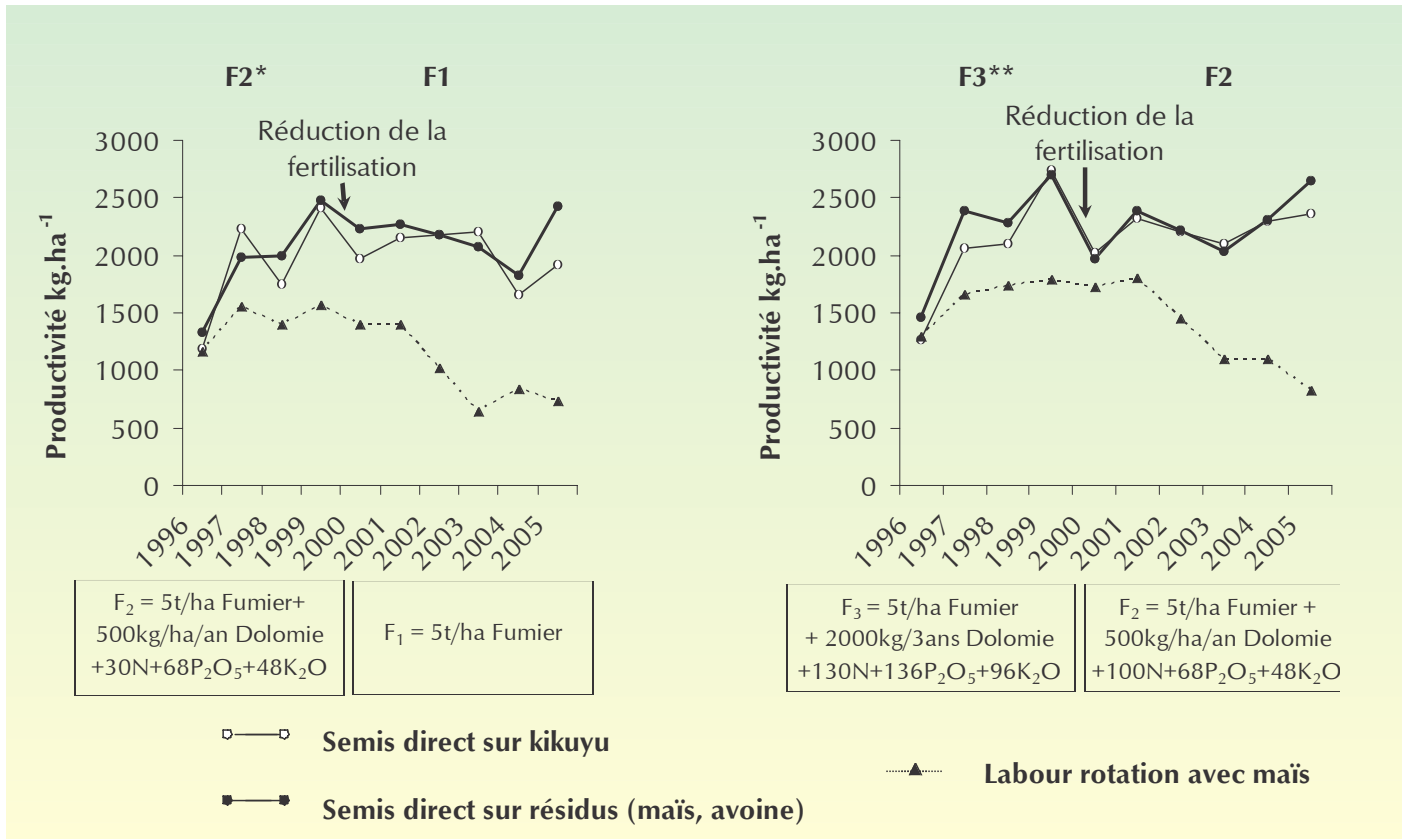


Figure 1 : Evolution de la productivité moyenne du soja sur sols ferrallitiques de très basse fertilité initiale.

Pour le maïs très affecté par les cyclones en 2004, l'écobuage réalisé en 1996 permet d'obtenir une production élevée en association avec le trèfle du Kenya (*Trifolium semipilosum*), l'arachide pérenne (*Arachis pintoï*) ou le *Desmodium uncinatum* (figure2).

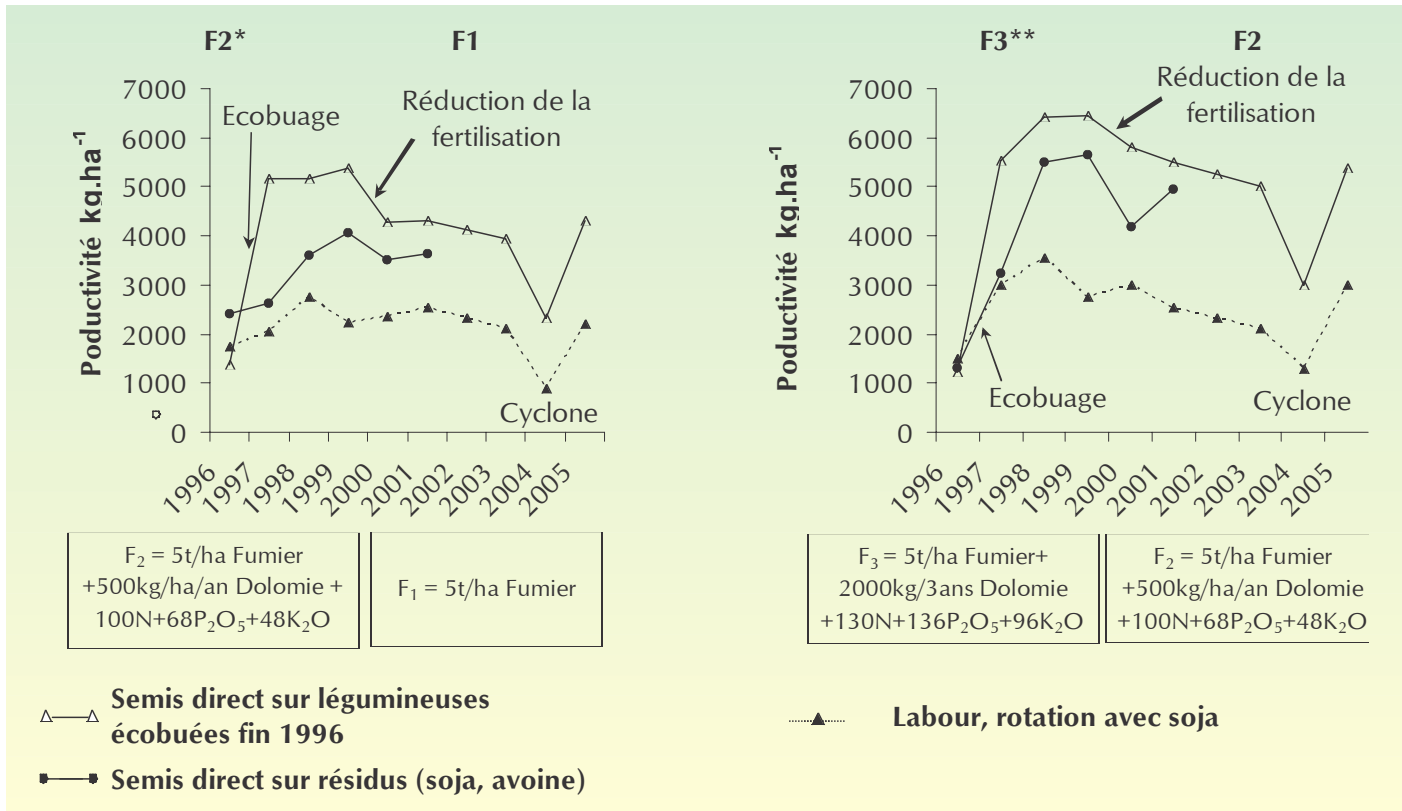


Figure 2 : Evolution de la productivité moyenne du maïs sur les sols ferrallitiques de très basse fertilité initiale.

Conception de systèmes SCV avec un minimum d'intrants sur les hautes-terres 31

Lors de la diffusion des S.C.V. sur les terroirs villageois voisins des expérimentations, les propositions sont adaptées avec les agriculteurs et deviennent très diversifiées. Deux objectifs guident leur choix : l'accroissement des ressources alimentaires avec le riz pluvial comme priorité, ou des fourrages pour l'élevage laitier (Michellon et al, 2005). Les règles de gestion communautaire des ressources peuvent même être modifiées, comme la vaine pâture : les résidus de récolte conservés comme paillage sont alors considérés comme des cultures par les éleveurs et respectés.

Pour augmenter les productions avec un minimum d'intrants et remettre en culture les terrains dégradés et abandonnés, deux solutions sont adoptées :

- l'association de la production principale avec des espèces fourragères, essentiellement *Brachiaria ruziziensis*, très rustique et qui restaure la fertilité du sol, opérant comme une " pompe biologique, ou "
- le recours à l'écobuage (Michellon et al, 2001 et 2005), une " cuisson lente " du sol réalisés généralement pour la pomme de terre qui sera suivie d'une avoine en dérobé (partiellement utilisable en fourrage), puis de riz en S.C.V. l'année suivante avec des rendements proches de 3t/ha, très satisfaisants sur ces sols de basse fertilité.

Conclusions

Les relations entre cette agriculture améliorée et l'élevage apparaissent comme un moteur de l'adoption des S.C.V. Ces techniques augmentent les revenus et la productivité de la main d'œuvre grâce à la suppression du labour manuel.

Les conséquences sont également très favorables pour l'environnement des agriculteurs, de cette zone d'altitude (Michellon et al, 1996 ; Perret et al, 1998) : protection totale des rizières et aménagements contre l'érosion, meilleure régulation du régime hydrique à l'échelle du bassin versant, restauration de la fertilité avec réactivation de la macrofaune du sol, recyclage des éléments minéraux et de la matière organique avec séquestration du carbone. Les apports de fumier (indispensables en sol nu) peuvent être réduits en S.C.V. L'état sanitaire des cultures s'améliore aussi : réduction des dégâts de certains parasites (ver blanc), maladies, ...

L'ensemble des effets positifs induits par ces techniques devrait conduire à moyen terme à une progression très nette des conditions de production des exploitations agricoles des Hautes-Terres.

Références

Michellon R., Séguy L., Perret S. (1996). Geranium rosat : conception de systèmes durables avec couverture herbacée (Geranium rosat sur lotier et kikuyu : une innovation durable à la Réunion). In Actes des 15ièmes Journées internationales huiles essentielles, APPAM, p 656-670, 5-7 septembre 1996, Digne-les-Bains. Rivista Italiana EPPOS (1997), 816 p.

Michellon R., Seguy L., Razakamiamanana and Randriamanantsoa R. (2001) . Direct seeding on plant cover with " soil smouldering " techniques. Conservation agriculture, a world-wide challenge. First World Congress Agriculture. 2001/10/01-05, Madrid, Spain, Vol II. Eds Garcia-Torres L., Benites J., Martinez-Vilela A. XUL Cordoba Spain p. 45-50.

Michellon R., Razanamparany C., Moussa N., Andrianasolo H., Fara Hanitriniaina JC., Razakamanatoanina R., Rakotovasaha L., Randrianaivo S., Rakotaniaina F. (2005). Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologique à Madagascar. Rapport de campagne 2003-2004. Hautes-Terres et Moyen Ouest. Financement AFD-FFEM-CIRAD-MAEP, GSDM, TAFA, 113 p.

Perret S., Michellon R., Tassin J. (1998). Agroecological practices as tools for sustainable management of catchments susceptible to erosion : Reunion island.p.77-88. In : The sustainable management of tropical catchments. Eds Harper D., Brown T., 1999. Wiley J. and sons, Chichester,U.K.,381p.

Rakotondralambo P., Razanamparany C. (1998). Adaptation du semis direct dans les régions de Madagascar. In Actes de l'atelier international Gestion agrobiologique des sols et des systèmes de culture p. 257-263, 23-28 mars 1998, Antsirabe Madagascar. Eds Rasolo F., Raunet M., 1999 ANAE, CIRAD, FAFIALA ,FIFAMANOR, FOFIFA, TAFA, Montpellier 658p.

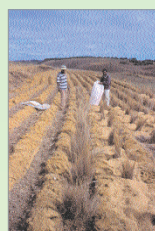


Maïs sur *Desmodium uncinatum*, Hauts plateaux

L'écobuage: une pratique à faible coût pour restaurer rapidement la fertilité du sol et augmenter la production

Michellon R.¹; Moussa N.²; Razanamparany, C.²
Razakamiaramanana³; Husson, O.⁴ et Séguy, L.⁵.

1. CIRAD/TAFA, BP 853 Antananarivo 101, Madagascar, hubert.chapentier@cirad.fr
2. TAFA, 906A 165 Villa Valosoa, Amphaviana Antsirabe 110 Madagascar, tafaantirabe@wanadoo.org
3. FOFIFA, BP 230 Antsirabe 110, Madagascar, fofifa@wanadoo.org
4. CIRAD/CSDM, BP 6039 Ambanidia, Antananarivo 101, Madagascar, olivier.husson@cirad.fr
5. CIRAD, CP 504 Agencia Central 74001-970 Goiânia GO, Brazil, lucien.seguy@cirad.fr



Réalisation d'un écobuage au Lac Alaotra.
Photos: H. Chapentier



En Afrique, le prix élevé des engrais, ou leur indisponibilité, empêche les agriculteurs aux faibles ressources d'intensifier les cultures sur les sols dégradés, peu fertiles. Sur les Hautes-Terres malgaches, la saturation des bas fonds rizicoles et la forte pression démographique accélèrent la mise en culture des collines aux sols essentiellement ferrallitiques, pauvres et fragiles. De plus, sous l'effet des basses températures, la matière organique évolue lentement et piège des éléments utiles pour les plantes (Chabanne et al., 1996). Le sol soumis aux feux de brousse et aux labours successifs, subit une érosion qui enseble les rizières et détruit les aménagements.

Face à ces contraintes, l'écobuage associé au Semis Direct sur Couverture Végétale Permanente (S.C.V.) a été expérimenté afin d'améliorer durablement la productivité avec un minimum d'intrants.

Matériel et méthode

L'écobuage consiste à brûler des herbes desséchées recouvertes de 10 cm de terre dans une tranchée profonde de 20 cm avec des aérations tous les mètres. Pour évaluer les effets directs et résiduels de cette pratique, en fonction de sa fréquence et de la biomasse brûlée, des essais ont été réalisés pendant 6 ans par TAFA, le CIRAD et le FOFIFA sur différents types de sols. Différentes fréquences (2 ans, 4 ans, une seule fois non renouvelée) sont comparées pour 2 doses de combustibles (20 ou 60 t.ha⁻¹ d'*Aristida* sp.) à un traitement sans écobuage. Les effets sont évalués (split-plot), dans une rotation soja-riz pluvial par rapport à 4 fumures modulées selon le type de sol et la culture (Tableau 1):

Tableau 1: Niveaux de fertilisation appliqués (kg.ha⁻¹) en fonction du type de sol et de la culture.

Traitement	Fumure de base au semis		Complément sur riz (semis, 25 et 60 jours après)
	Sol volcanique	Sol ferrallitique	
F ₀ : Sans fumure	Rien		
F ₁ : Fumier seul	Fumier de bovin : 5 000 kg.ha ⁻¹		
F ₂ : Fumier + fumure minérale conseillée	F ₁ + 20N + 50 P ₂ O ₅ + 30 K ₂ O + 180 CaO	F ₁ + 30N + 70 P ₂ O ₅ + 50 K ₂ O + 180 CaO	50 N
F ₃ : Fumier + fumure minérale forte (non limitante)	F ₁ + 40N + 90 P ₂ O ₅ + 100 K ₂ O + 720 CaO tous les 3 ans	F ₁ + 50N + 140 P ₂ O ₅ + 100 K ₂ O + 720 CaO tous les 3 ans	90 N

Résultats

Evolution des sols

Au cours de la combustion, les températures modérées provoquent une transformation du sol avec augmentation du pH, de la C.E.C., des bases échangeables (Ca, Mg, K) et du phosphore assimilable (Figure 1).

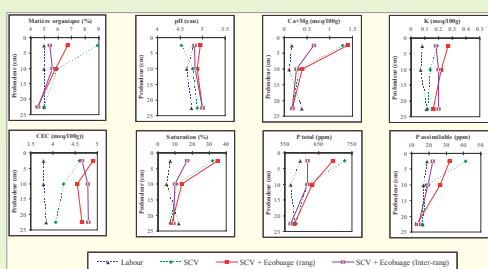


Figure 1: Evolutions des caractéristiques chimiques du sol en fonction du mode de gestion. Bemasoandro, Hauts plateaux. Sol ferrallitique.



Rendement des cultures

En première année, l'effet de l'écobuage est spectaculaire et conduit à une production de riz pluvial équivalente à celle que procure une forte fumure minérale (Figure 2). Le gain de rendement dépasse 1 t.ha⁻¹ en sol volcanique et atteint 3 t.ha⁻¹ avec une forte dose de combustible en sol ferrallitique.

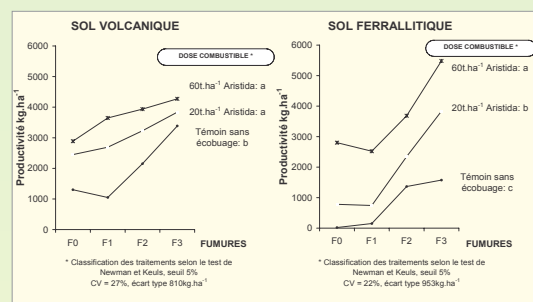


Figure 2: Influence de la dose de combustible utilisée pour l'écobuage sur le rendement du riz pluvial.

Fréquence de l'écobuage

L'écobuage peut-être répété avec une fréquence qui dépend du type de sol (Figure 3):

- sur sol volcanique, riche en matière organique (M.O.: 10 %), son renouvellement tous les 2 ou 4 ans améliore la production de 2 t.ha⁻¹, quelle que soit la fertilisation
- sur sol ferrallitique plus pauvre (M.O.: 5 %), un nouvel écobuage n'a pas d'effet sur le rendement et s'avère dépressif avec les doses élevées de combustible et de fumure (Michellon et al., 2004).

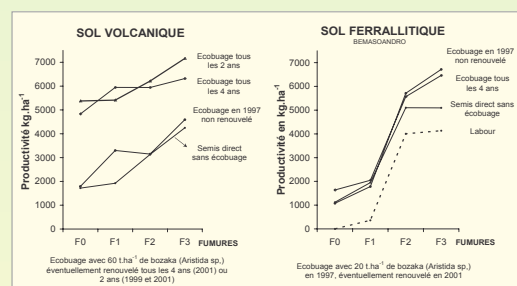


Figure 3: Effet de la fréquence de l'écobuage sur le rendement du riz pluvial.

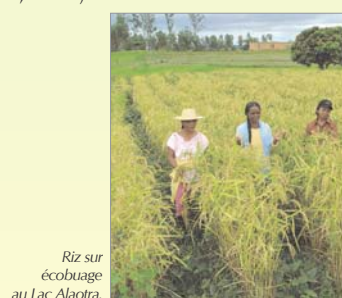
Conclusions

L'écobuage associé au S.C.V. améliore immédiatement et durablement la fertilité des sols. Sa fréquence doit cependant rester limitée lorsque le taux de M.O. est faible, car elle provoque sa destruction partielle.

Les agriculteurs malgaches ont adopté cette pratique dans plusieurs régions, valorisant les combustibles disponibles : balle de riz, *Acacia meamsii*,..., aux effets comparables (Michellon et al., 2001). Au lac Alaotra, ils l'ont adaptée pour réduire les temps de travaux et l'utilisent pour cultiver du riz pluvial sur sols dégradés. Sur les Hautes-Terres ils l'emploient en priorité sur pomme de terre, (suivie d'une avoine et du riz en S.C.V. l'année suivante), et obtiennent des rendements élevés atteignant 25 t.ha⁻¹ sur sol ferrallitique avec une fumure minérale.

Références

- Chabanne A, Séguy L, Razakamiaramanana (1996). Gestion de la fertilité des rizières d'altitude à Madagascar, exemple de la plaine de Vinaninony (1875 m). In Actes du séminaire riziculture d'altitude pp. 187-196, 29 mars-05 avril 1996. Antananarivo Madagascar. Eds Poisson C, Rakotoarisoa J 1997 CIRAD Montpellier 272 p.
- Michellon R, Razanamparany C, Moussa N, Andrianasolo H, Fara Hanitriinaia JC, Razakamanoanina R, Rakotovasaha L, Randrianaivo S, Rakotaniaina F, (2004). Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar. Rapport de campagne 2002-2003. Hautes-Terres et Moyen Ouest. Financement AFD-FFEM-CIRAD-MAEP. GSDM,TAFA, 98 p.
- Michellon R, Séguy L, Razakamiaramanana and Randriamanantsoa R, (2001). Direct seeding on plant cover with "soil smouldering" techniques. First World Congress Agriculture. 2001/10/01-05, Madrid, Spain, Vol II. Eds García-Torres L, Benites J, Martínez-Vilela A. XUL Cordoba Spain p. 45-50.



2.5. L'écobuage : une pratique à faible coût pour restaurer rapidement la fertilité du sol et augmenter la production

Soil smouldering: a low cost practice to rapidly increase soil fertility and production

Michellon R¹, Moussa N.², Razanamparany C.², Razakamiamanana³, Husson O.⁴, Seguy L.⁵

1. CIRAD/TAFA, BP 266, Antsirabe 110, Madagascar, roger.michellon@cirad.fr

2. TAFA, TAny sy FAmpanandrosoana, BP 266, Antsirabe 110, Madagascar, tafaantsirabe@wanadoo.mg

3. FOFIFA, Centre National de la Recherche appliquée au développement rural, BP 230, Antsirabe 110, Madagascar, fofifa-abe@wanadoo.mg

4. CIRAD/GSDM, Groupement Semis Direct Madagascar, BP 6039, Antananarivo 101, Madagascar, olivier.husson@cirad.fr

5. CIRAD, CP 504 Agencia central, 74001-970 Goiânia GO, Brésil, lseguy@zaz.com.br

Mots clés : écobuage, S.C.V., riz pluvial, sols volcaniques et ferrallitiques, Madagascar.

Introduction

En Afrique, le prix élevé des engrais, ou leur indisponibilité, empêche les agriculteurs aux faibles ressources d'intensifier les cultures sur les sols dégradés, peu fertiles. Sur les Hautes-Terres malgaches, la saturation des bas fonds rizicoles et la forte pression démographique accélèrent la mise en culture des collines aux sols essentiellement ferrallitiques, pauvres et fragiles. De plus, sous l'effet des basses températures, la matière organique évolue lentement et piège des éléments utiles pour les plantes (Chabanne et al, 1996). Le sol soumis aux feux de brousse et aux labours successifs, subit une érosion qui ensable les rizières et détruit les aménagements.

Objectifs

Face à ces contraintes, l'écobuage, traditionnel en Afrique et en haute altitude à Madagascar, a été expérimenté associé au semis direct sur couverture végétale (S.C.V.) afin d'améliorer durablement la productivité avec un minimum d'intrants. Pour évaluer les effets directs et résiduels de cette pratique, en fonction de sa fréquence et de la biomasse brûlée, des essais ont été réalisés pendant 6 ans par TAFA, le CIRAD et le FOFIFA sur différents types de sols.

Matériel et méthode

L'écobuage consiste à brûler des herbes desséchées, comme *Aristida* sp., recouvertes de 10 cm de terre dans une tranchée profonde de 20 cm avec des aérations tous les mètres (Michellon et al., 2001). Il est réalisé directement dans la jachère après sa fauche, sur sol ferrallitique, ou après labour suivant des cultures vivrières en sol volcanique. Différentes fréquences (2 ans, 4 ans, une seule fois non renouvelée) sont comparées avec 2 doses de combustibles (20 ou 60 t.ha⁻¹ d'*Aristida* sp., avec 90 % m.s.) à un traitement en S.C.V. sans écobuage. Les effets sont évalués dans une rotation soja-riz pluvial par rapport à 4 fumures modulées selon le type de sol et la culture (tableau 1).

Traitement	Fumure de base au semis		Complément sur riz (semis, 25 et 60 jours après)
	Sol volcanique	Sol ferrallitique	
F ₀ : Sans fumure	Rien		
F ₁ : Fumier seul	Fumier de bovin : 5 000 kg.ha ⁻¹		
F ₂ : Fumier + fumure minérale conseillée	F1 + 20N – 50 P ₂ O ₅ – 30 K ₂ O – 180 CaO	F1 + 30N – 70 P ₂ O ₅ – 50 K ₂ O – 180 CaO	50 N
F ₃ : Fumier + fumure minérale forte (non limitante)	F1 + 40N – 90 P ₂ O ₅ – 100 K ₂ O – 720 CaO tous les 3 ans	F1 + 50N – 140 P ₂ O ₅ – 100 K ₂ O – 720 CaO tous les 3 ans	90 N

Tableau 1 : Apports annuels de fumier ou d'éléments fertilisants, en kg.ha⁻¹ (sous forme d'urée, phosphate d'ammoniaque, KCl et dolomie)

Les dispositifs expérimentaux conçus comme des essais factoriels à l'origine, combinant fumures et doses de combustible, évoluent en split-plot à partir de la troisième année, les parcelles écobuées étant subdivisées en fonction des fréquences.

34 L'écobuage: une pratique à faible coût pour restaurer rapidement la fertilité

Résultats

Evolution des sols

Au cours de l'écobuage, les températures qui restent modérées par manque d'oxygène (Nzila, 1992), provoquent une transformation du sol tout en conservant ses éléments fertilisants.

L'effet de l'écobuage est particulièrement marqué sur le pH (augmentation supérieure à 1 unité en sol ferrallitique), la C.E.C., les bases échangeables (Ca, Mg, K) et le phosphore assimilable (Figure 1, Seguy, 1974 ; Michellon et al, 2004).

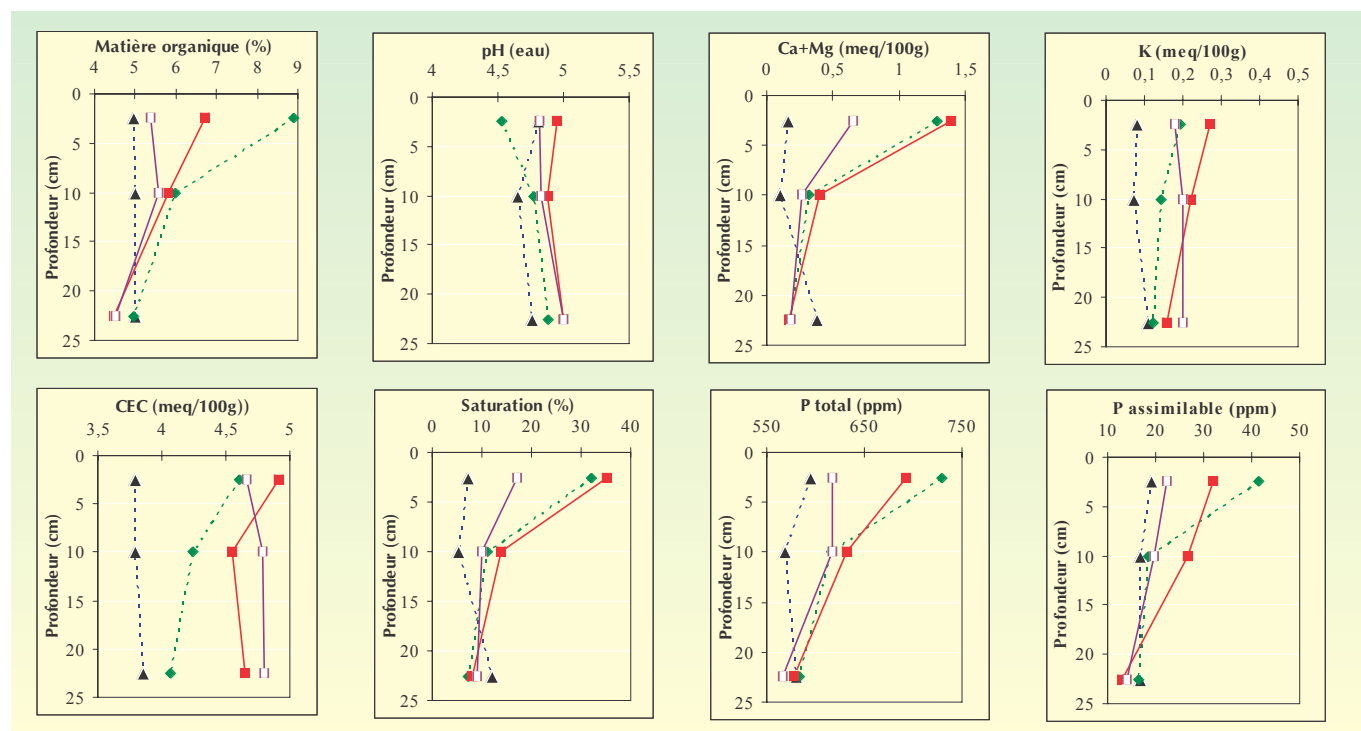


Figure 1. Evolution des caractéristiques chimiques du sol en fonction du mode de gestion (Labour, SCV, écobuage). Bemasoandro, Madagascar. Sol ferrallitique.

Rendement des cultures

En première année, l'effet de l'écobuage est spectaculaire et conduit à une production de riz pluvial équivalente à celle que procure une forte fumure minérale, inaccessible financièrement aux agriculteurs (figure 2).

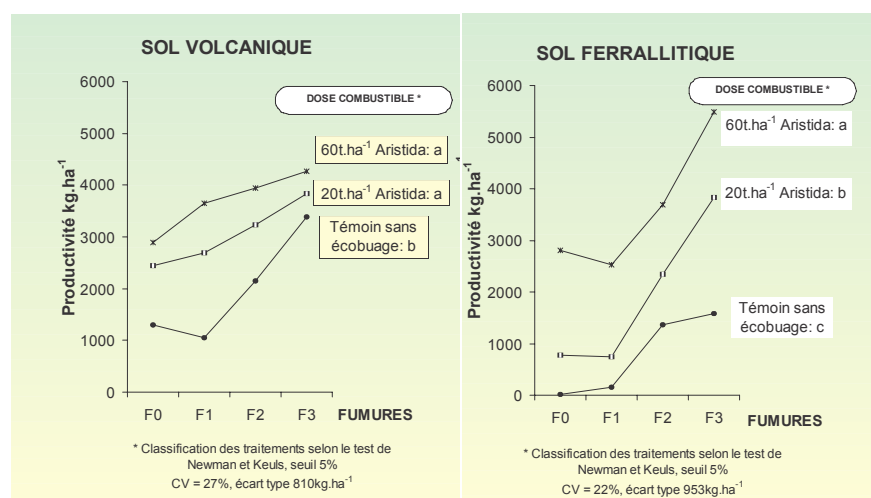


Figure 2 : Influence de la dose de combustible utilisée pour l'écobuage sur le rendement du riz pluvial.

Le gain de rendement dépasse 1 t.ha^{-1} en sol volcanique, sans interaction avec le niveau de fumure, et indépendamment de la dose de combustible, contrairement au sol ferrallitique. Le supplément atteint alors 3 t.ha^{-1} avec une forte dose de paille.

L'écobuage peut-être répété, mais avec une fréquence qui dépend du type de sol (figure 3) :

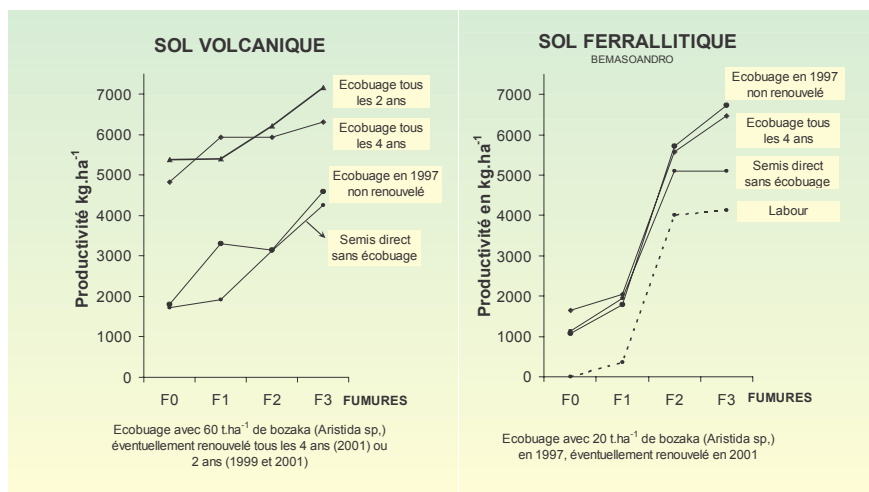
- sur sol volcanique, riche en matière organique (M.O. 10 %), son renouvellement tous les 2 ou 4 ans améliore la production de 2 t.ha^{-1} , quelle que soit la fertilisation

- sur sol ferrallitique plus pauvre (M.O. 5 %), un nouvel écobuage n'a pas d'ef-

Figure 3 : Effet de la fréquence de l'écobuage sur le rendement du riz pluvial

fet sur le rendement et s'avère dépressif avec les doses élevées de combustible et de fumure (Michellon et al, 2004).

Avec une gestion appropriée, des productions de plus de 5 t.ha⁻¹ peuvent être obtenues et maintenues sans fertilisation minérale sur sol volcanique.



Conclusions

La technique de l'écobuage par son rôle de fertilisation " starter " permet de remonter rapidement la fertilité des sols en libérant les éléments nutritifs piégés dans le sol. Elle présente un arrière-effet durable surtout sur sol volcanique. Sa fréquence doit cependant rester limitée lorsque le taux de M.O. est faible, car elle provoque sa destruction. Pour y remédier, il faut l'associer à une technique qui favorise un enrichissement rapide, comme les SCV.

Les agriculteurs malgaches ont adopté cette pratique dans plusieurs régions, valorisant les combustibles disponibles : balle de riz, *Acacia mearnsii*,..., aux effets comparables (Michellon et al, 2001). Au lac Alaotra, ils l'ont adaptée pour réduire les temps de travaux et l'utilisent pour cultiver du riz pluvial sur sols dégradés. Sur les Hautes-Terres ils l'emploient en priorité sur pomme de terre, (suivie d'une avoine et du riz en S.C.V. l'année suivante), et obtiennent des rendements élevés atteignant 25 t.ha⁻¹ sur sol ferrallitique avec une fumure minérale.



Mise à feu de l'écobuage
Photo: H. Charpentier

Références

- Chabanne A, Seguy L, Razakamiamanana (1996). Gestion de la fertilité des rizières d'altitude à Madagascar, exemple de la plaine de Vinaninony (1875 m). In Actes du séminaire riziculture d'altitude pp. 187-196, 29 mars-05 avril 1996. Antananarivo Madagascar. Eds Poisson C, Rakotoarisoa J 1997 CIRAD Montpellier 272 p.
- Michellon R, Seguy L, Razakamiamanana and Randriamanantsoa R, (2001). Direct seeding on plant cover with " soil smouldering " techniques. Conservation agriculture, a worldwide challenge. First World Congress Agriculture. 2001/10/01-05, Madrid, Spain, Vol II. Eds Garcia-Torres L, Benites J, Martinez-Vilela A. XUL Cordoba Spain p. 45-50.
- Michellon R, Razanamparany C, Moussa N, Andrianasolo H, Fara Hanitriniaina JC, Razakamanatoanina R, Rakotovazaha L, Randrianaivo S, Rakotaniaina F, (2004). Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologique à Madagascar. Rapport de campagne 2002-2003. Hautes-Terres et Moyen Ouest . Financement AFD-FFEM-CIRAD-MAEP. GSDM,TAFA, 98 p.
- Nzila JP (1992). La pratique de l'écobuage dans la vallée du Niari (Congo). Ses conséquences sur l'évolution d'un sol ferrallitique acide. Document ORSTOM n°7 Montpellier 190 p.
- Seguy L, (1974). Influence de la technique de l'écobuage sur les rendements de maïs et sur les propriétés physicochimiques des sols. O.N.A.R.E.S.T IRAT/CVT - Rapport de synthèse sur les cultures vivrières-Cameroun, p 44-47.



Photo: Rakotondramanana



Mesure des effets des SCV sur les sols

- 1 Apport de biomasse par le *Stylosanthes*
- 2 Restructuration par l'activité biologique
- 3 Mesures de ruissellement et d'érosion
- 4 Etude de la macrofaune
- 5 Mesures de la minéralisation
- 6 Forte activité biologique, humidité et bonne structure du sol en semis direct



3^{ème} partie

Les effets du semis direct sur couverture végétale permanente

Articles et posters présentés au troisième congrès mondial
d'agriculture de conservation, Nairobi, Kenya, Octobre 2005.



Photo: H. Charpentier



Photo: A. Chabanne



Photo: Rakotondramanana

- 7 Couverture permanente (Arachis pintoï)
- 8 Tensiomètre (parcelle de Maïs + Desmodium)
- 9 Prélèvement de cylindres de sol
- 10 Récupération des eaux de ruissellement
- 11 Dispositif de mesure du ruissellement et de l'érosion

3.1. Soil carbon storage and physical protection according to tillage and soil cover practices (Antsirabe, Madagascar)

Stockage et protection physique du carbone en fonction des pratiques de culture et de couverture du sol (Antsirabe, Madagascar)

Razafimbelo, T.¹; Albrecht, A.¹, Feller, C.¹; Michellon, R.^{2,3}; Moussa, N.³, Muller, B. ²; Oliver, R. ⁴ and Razanamparany, C.³

¹ UR 179 SeqBio - Institut de Recherche pour le Développement (IRD) , BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, France - email: tantely.razafimbelo@ird.mg - Fax : +33 (0)4.67.41.62.94

² CIRAD, Ampandrianomby, BP 853, 101 Antananarivo, Madagascar

³ ONG TAFA, BP 266, 110 Antsirabe, Madagascar

⁴ CIRAD, TA 40/01, Avenue Agropolis, 34398 Montpellier cedex 5, France

Key words

Soil organic carbon, aggregate stability, no-tillage, direct seeding on permanent soil cover, Madagascar

Abstract

Direct seeding on permanent soil cover (DSPSC) systems can produce a large amount of residues to improve crop yields and soil properties, such as soil organic carbon (SOC) storage and soil aggregation. A long-term (11 years) trial, located in Antsirabe (subtropical climate, 16°C, 1300 mm.y⁻¹) on a clayey andic dystrustept, has been used in order to study SOC storage, soil aggregate stability and SOC physical protection against microbial mineralization. The treatments were: (i) control (CT): annual rotation of maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max*) with conventional tillage (hand ploughing), (ii) the same rotation with no tillage (NTm), (iii) a maize/maize rotation with legume (*Desmodium uncinatum*) permanent cover crop, and no-tillage (NTd), (iv) and a common bean (*Phaseolus vulgaris*)/soybean rotation with kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) permanent cover crop, and no-tillage (NTk). No residues were exported in DSPSC systems and they were removed for CT system. Soil C content was significantly greater in NTm, NTd and NTK than in CT for only the 0-5 cm layer. Storage of organic soil C (in equivalent soil mass of 0-20 cm layer) was significantly greater in NTd and NTm than in NTK and CT. The annual rate of soil C storage for NTm and NTd were respectively 0.69 and 1.01 Mg C.ha⁻¹ year⁻¹. Water-stable macroaggregates (200-2000 µm) were significantly greater in NTm, NTK and NTd than in CT at 0-5 and 5-10 cm layers. Macroaggregates were significantly correlated with soil C content. However, the C physically protected from mineralization was only about 50 and 200 µgC g⁻¹ soil in CT and NTm respectively, and not significantly between these two systems.

The results showed that the tested systems, through the increase of organic inputs and the decrease of C loss, can significantly increase SOC stocks and soil aggregate stability. The stored C was physically protected against microbial mineralization by its localization into macroaggregates but at a low level. Thus, the stored C in DSPSC systems might be physico-chemically or chemically protected.

Introduction

In tropical soils, soil organic matter (SOM) plays an important role for both soil fertility and environmental services such as soil carbon (C) sequestration. Hence, there is a need for a maintenance or an improvement of soil organic carbon (SOC) stocks. In that perspective, no-tillage practices with direct seeding on permanent cover (DSPSC) are considered as recommended agrosystems. These systems increased SOC stocks by (i) the important quantity of organic matter returned into soil, (ii) the reduction of C lost by mineralization, and (iii) the reduction of C lost by erosion. Many studies related that no-tillage systems associated with cover plant are interesting in temperate (Balesdent et al., 2000, Six et al., 2002, Halvorson et al., 2002) and tropical (Six et al., 2002, Bayer et al., 2000, Sà, 2001) regions, to store atmospheric C into the plant-soil system. But these studies did not cover the various pedo-bioclimatic conditions existing in intertropical regions.

This study conducted in the Malagasy Highlands aimed to (i) quantify the DSPSC effect on SOC storage and on soil water-stable aggregates and, (ii) to evaluate the physical protection from mineralization of the stored C.



Experimental site in Antsirabe, Highlands

Materials and Methods

The study site, was located at Antsirabe, Madagascar (19°29'S; 46°50'E), on a clayey (60 % clay) andic Dystrustept soil (USDA Classification; Soil Survey Staff, 2001). Annual mean temperature and rainfall were 16°C and 1300 mm, respectively. The experiment was established in 1991 by TAFE/CIRAD on a randomized experimental design with 4 treatments (CT, NTm, NTd, NTK) and 3 replications per treatment:

- CT is a conventional tillage (hand ploughing) system: annual rotation of maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max*) with exportation of crop residues;

- NTm, NTd and NTK are no-tillage systems with no exportation of crop residues where, NTm is an annual rotation of maize/soybean, NTd a maize/maize rotation with legume (*Desmodium uncinatum*) permanent cover crop, and NTK a common bean (*Phaseolus vulgaris*)/soybean rotation with kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) permanent cover crop.

Soil samples were collected by IRD, just before the harvest, on April-may 2003 at 0-5, 5-10, 10-20 cm depths from each plot. Total SOC were determined by dry-combustion on a Carlo Erba NA 2000 Elemental Analyzer; water-stable aggregates were determined at 0-5 and 5-10 cm depths, by using a method derived from Kemper and Rosenau (1986) method; and soil C mineralization was measured on intact and crushed (< 200 µm) soil samples as respired CO₂-C in closed chambers (28°C, in an incubator) during 28 days.



Maize on *Desmodium uncinatum* living cover

Results

SOC content and stock

SOC content decreased with soil depth and was higher ($p < 0.05$) in DSPSC systems (NTm, NTd and NTK) than in conventional tillage (CT) at 0-5 cm depth, while no differences were found between DSPSC systems. SOC content in NTm, NTd and NTK were 48, 45 and 42 % higher than in CT at 0-5 cm layer (Table 1). At 5-10 and 10-20 cm layers, NTd was significantly higher than NTK, NTm and CT. According to the differences in soil bulk density values of treatments, SOC stock was calculated on an "equivalent soil mass" basis (Ellert and Bettany, 1995). SOC stock was significantly higher ($p < 0.05$) in NTm and NTd than in CT, but no significant differences were found between NTK and CT. The SOC storage rate in NTd, NTm, and NTK were 1.01, 0.69

	SOC Content (mgC g ⁻¹ soil)			SOC Stock (MgC ha ⁻¹)
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	Eq 0-20 cm
CT	34.0 ± 5.1 a	35.2 ± 7.0 a	32.0 ± 7.0 ab	47.4 ± 8.2 a
NTm	50.2 ± 6.0 b	40.9 ± 6.5 ab	30.8 ± 4.1 a	55.0 ± 4.7 b
NTd	49.6 ± 4.8 b	44.6 ± 3.7 b	35.3 ± 3.4 b	58.5 ± 3.9 b
NTk	48.4 ± 7.3 b	38.1 ± 5.2 a	31.2 ± 4.1 a	53.4 ± 6.2 a

Values within a column followed by a different lowercase are significantly different ($p > 0.05$) according to t-Student test

and 0.55 MgC ha⁻¹ yr⁻¹.

Table 1 : SOC content (mgC g⁻¹ soil) for 0-5, 5-10, 10-20 cm layers and SOC stock (MgC ha⁻¹) for 0-20 cm layer (expressed in " equivalent soil mass" basis). Mean ± standard deviation, (n=3)

Soil aggregate stability

The amounts of water-stable macroaggregates (200-2000 µm) were higher than 500 g.kg⁻¹ soil, indicating a high aggregate stability of the studied soil (Table 2), and were significantly higher in DSPSC (NTd, NTK and NTm) than in CT systems at 0-5 cm and 5-10 cm-layers. Within the DSPSC systems, NTm exhibited the highest value and was significantly different from NTd and NTK at 0-5 cm. At 5-10 cm no differences in macroaggregate content were found within DSPSC systems. A significant and positive correlation ($R=0.41$) was found between stable macroaggregate content and SOC content ($n=24$, $p < 0.05$).

	Macroaggregate content (g kg ⁻¹ soil)	
	0-5 cm	5-10 cm
CT	521.5 ± 52.8 a	543.0 ± 85.2 a
NTm	691.3 ± 24.9 c	683.9 ± 37.3 b
NTd	606.1 ± 95.3 b	661.8 ± 90 b
NTk	643.2 ± 17.4 b	679.4 ± 80.6 b

Values within a column followed by a different lowercase are significantly different ($p > 0.05$) according to t-Student test

Table 2 : Macroaggregate content (g kg⁻¹ soil) at 0-5 and 5-10 cm layers. Mean ± standard deviation (n=3)
Soil mineralization

After 28 days, mineralized C was about threefold higher in NTm than in CT ($p < 0.05$). For both NTm and CT, mineralized C for crushed soil was higher than for uncrushed soil but the difference was not significant ($p > 0.05$). The C protected against mineralization was defined as the difference between mineralized C in crushed and uncrushed soils. The rate of protected C was significant only for the first day of mineralization and the total protected C in 28 days was about 200 $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ soil}$ in NTm, and 50 $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ soil}$ in CT.

		C mineralized ($\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ soil}$)			
		0-4 days	4-15 days	15-28 days	0-28 days
CT	Intact	195.3 ± 23.0 a	206.8 ± 23.1 a	143.3 ± 22.8 a	545.4 ± 61.0 a
	Crushed	231.7 ± 32.5 b	219.0 ± 36.5 a	143.5 ± 22.3 a	594.1 ± 85.9 a
NTm	Intact	622.5 ± 51.4 c	515.3 ± 68.8 b	372.0 ± 89.6 b	1509.8 ± 196.8 b
	Crushed	779.0 ± 122.3 d	577.1 ± 123.5 b	352.1 ± 100.7 b	1708.2 ± 307.5 b

Values within a column followed by a different lowercase are significantly different ($p > 0.05$) according to t-Student test

Table 3: Mineralized C ($\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ soil}$) in CT and NTm systems. Mean ± standard deviation (n=3)

The C mineralized was fitted to a second-order model to estimate the size of the C potentially mineralizable (CP), and its rate (k) of mineralization. Rates of mineralization were used to define the C pools: resistant-C pool (R) was defined as the pool with low value of k and labile pool (L), the pool with high value of k. Results (Table 4) showed that the C mineralization potentials (CP_L , CP_R , and CP_T) were systematically higher in NTm than in CT.

	CP_L	k_L	CP_R	k_R	CP_T
CT intact	2.99 ± 0.45 a	0.75 ± 0.08 b	20.05 ± 1.73 a	0.04 ± 0.00 b	23.04 ± 2.16 a
CT crushed	4.21 ± 0.52 b	0.68 ± 0.09 b	19.9 ± 2.97 a	0.04 ± 0.00 b	24.12 ± 3.48 a
NTm intact	10.06 ± 0.85 c	0.50 ± 0.05 a	39.31 ± 8.30 b	0.03 ± 0.00 a	49.38 ± 8.87 b
NTm crushed	14.15 ± 1.90 d	0.49 ± 0.06 a	38.91 ± 0.94 b	0.03 ± 0.01 ab	53.06 ± 11.71 b

Carbon mineralization potential values were based on non-linear regression fitting of the second-order model as following: $\text{C min} = \text{CP}_L \cdot (1 - e^{-k_L t}) + \text{CP}_R \cdot (1 - e^{-k_R t})$, and $\text{CP}_T = \text{CP}_L + \text{CP}_R$

Values within a column followed by a different lowercase are significantly different ($p > 0.05$) according to t-Student test

Table 4 : C mineralization potentials (CP, mgC g⁻¹ C soil) and rates (k, d⁻¹) of labile (L), resistant (R) and whole soil (T) pools in 28 days of mineralization. Mean ± standard deviation (n=3).

Discussion

SOC contents were high due to high clay content and the existence of andic properties of the studied soil (Feller et al., 1991). Despite of the high SOC contents, 11 years of DSPSC systems resulted in a high SOC stocks, when compared with CT system. The rates of SOC increase for the 0-20 cm layer were about 0.5, 0.7 and 1.0 $\text{MgC ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ for NTK, NTm and NTd. These rates are equal or slightly higher than rates given in the

literature: $0.45 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ by Six et al. (2002) and 0.54 and $0.71 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ by Bayer et al. (2000). The high values of SOC stocks with DSPSC systems can be explained by high level of organic C restitutions (residues): 54 , 32 and 62 MgC ha^{-1} for NTk, NTm and NTd, respectively and the absence of restitutions in CT, but there was no clear relationship between the level of organic C restitution and the level of SOC storage. It is likely that other determinants (control of C loss, quality of organic C restitution and SOC protection within aggregates) than organic C restitution level are involved in the process of organic C storage. Effectively, if we considered that 7 percent of the C returned by residues were stored into soil (Kong et al., 2005), organic residues induced only a C storage of 0.34 , 0.39 and $0.21 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ for NTk, NTm and NTd. This great difference between calculated and measured C storage could be attributed to the control of C loss in DSPSC systems by soil cover action and aggregate stability. An annual soil loss of 20 Mg ha^{-1} in CT system, estimated from macroaggregate content (Barthès et al., 2000), conducted to a C loss by erosion of 0.6 MgC ha^{-1} , the equivalent of the measured C storage in this study. The effect of quality was not documented in our study but the results obtain for water-stable aggregates could explain a SOC protection within aggregates. Effectively, aggregate stability analysis showed a high content of water-stable macroaggregates under DSPSC systems, and macroaggregates were correlated with SOC content. However, crushing soil at $200 \mu\text{m}$, by disrupted macroaggregates and conducted to a release of protected organic matter, much higher in DSPSC systems than in CT, but non significantly different. The rate of protected C was low in our study (15 % of total mineralize C) compared to the data of Chevallier et al. (2004) for a Vertisol under pasture who found that protected C in $200\text{--}2000 \mu\text{m}$ aggregates was 35 % of total mineralized-C. Even if the mineralized C and potentially mineralizable C, were lower than those of literature (Chevallier et al., 2005), they were systematically higher in no-tillage than in conventional tillage, indicating the existence of a labile pool more important in NTm than in CT.



Soyabean on maize crop residues

Photo: Rakotondramanana



Green bean on Kikuyu grass living cover

However, the more resistant pool, which constituted 80 % of the C potentially mineralizable, was more important in NTm than in CT.

Thus, the level of C physically protected was low in this study and the C mineralized represented only about 5 percent of total SOC. Other protection mechanisms might be occurring as physico-chemical or chemical protection, to explain the SOC storage in this soil.

Conclusion

Eleven years of DSPSC systems conducted to a storage of SOC in the studied clayey soil of Madagascar Highlands. DSPSC systems stored C as a rate of 0.5 , to $1.0 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. This high level of C storage can be attributed to high organic residues input, but also to the decrease of the C loss by erosion in DSPSC systems. The stored C was physically protected against microbial mineralization but at a low level. Thus, in the systems the studied, SOC might be protected against microbial mineralization by physico-chemical or chemical stabilization.

References

- Balesdent, J., Chenu, C. and Balabane, M. (2000). Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research* 53, 215-230.
- Barthès, B., Azontondé, A., Boli, B. Z., Prat, C. and Roose, E. (2000). Field-scale run-off and erosion in relation to topsoil aggregate stability in three tropical regions (Benin, Cameroon, Mexico). *European Journal of Soil Science* 51, 485-495.
- Bayer, C., Mielniczuk, J., Amado, T. J. C., Martin-Neto, L. and Fernandes, S. V. (2000). Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* 54, 101-109.
- Chevallier, T., Blanchart, E., Albrecht, A. and Feller, C. (2004). The physical protection of soil organic carbon in aggregates: a mechanism of carbon storage in a Vertisol under pasture and market gardening (Martinique, West Indies). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103, 375-387.
- Ellert, B. H. and Bettany, J. R. (1995). Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Canadian Journal of Soil Science* 75, 529-538.
- Feller, C., Fritsch, E., Poss, R. and Valentin, C. (1991). Effets de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferrallitiques (Afrique de l'Ouest, en particulier). *Cahiers ORSTOM, série Pédologie* 26, 25-36.
- Halvorson, A. D., Wienhold, B. J. and Black, A. L. (2002). Tillage, nitrogen and cropping system effects on soil carbon sequestration. *Soil Science Society of America Journal* 66, 906-912.
- Kong, A. Y. Y., Six, J., Bryant, D. C., Denison, R. F. and Van Kessel, C. (2005). The relationship between carbon input, aggregation and soil organic carbon stabilization in sustainable cropping systems. *Soil Science Society of America Journal* 69, 1078-1085.
- Sà, J. C. d. M. (2001). In 'Escola superior de Agricultura Luiz de Quieroz Universidade de Sao Paulo' Universidade de Sao Paulo, Piracicaba, pp. 141.
- Six, J., Feller, C., Denef, K., Ogle, S. M., Sà, J. C. d. M. and Albrecht, A. (2002). Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils - Effects of no-tillage. *Agronomie* 22, 755-775.
- Soil Survey Staff (2003). *Keys to Soil Taxonomy*, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, USA.

Impact of a DMC rainfed rice-based system on soil pest and *Striga* infestation and damage in Madagascar

Ratnadass, A.¹, Andrianavo, A.¹, Michellon, R.², Moussa, N.³, Randriamanantsoa, R.¹ & Séguy, L.⁴

1. Sustainable farming & rice cropping systems Cooperative Research Unit (URP/SCRID), University of Antananarivo - FOFIFA - CIRAD, BP 230, Antsirabe 110, Madagascar; ratnadass@cirad.mg
2. CIRAD/TAF, BP 319 Antsirabe 110, Madagascar; michellon@cirad.mg
3. TAF, 906A 165 Villa Vatosoa, Ampihaviana Antsirabe 110 Madagascar; ratnadass@wanadoo.mg
4. CIRAD, CP 504 Agencia Central 74001-970 Goiânia GO, Brazil; lucien.seguy@cirad.fr



Figure 1: Striga-infested rainfed rice field at Ivory

Direct seeding, Mulch-based, Conservation agriculture (DMC) systems are being extended in Madagascar in view of reducing erosion and loss of fertility of hill slope soils observed in conventional rainfed systems.

However, little is known on their effects on infestation and damage to crops (particularly rice) by soil insect pests and *Striga*. While in the regions around Lake Alaotra and Manakara, dramatic damage by black beetles (*Heteronychus* spp.: Coleoptera, Scarabaeidae) was observed on rice cropped on mulch (Charpentier et al., 2001), attacks by these pests were reduced after a few years of DMC management in the Highlands of the Vakinankaratra region (Michellon et al., 2001). On the other hand, in the Middle-West of Vakinankaratra, where *Striga asiatica* (Scrophulariaceae) has become a major constraint to staple cereal crop cultivation in rainfed systems (Andrianavo et al., 1998)(Fig. 1&2), infestation of rice and maize by this parasite was drastically reduced after just one year of DMC management based on dead or live mulches, compared to the traditional plough-based system (Michellon et al., 2005).

The objective of the studies presented was to elucidate the factors accountable for reduction in infestation and damage by soil insect pests and *Striga* in DMC rainfed rice/soybean-based systems, with particular emphasis on its effect on natural enemies of pests.

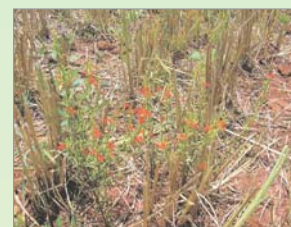


Figure 2: *Striga asiatica* plants flowering after rice harvest at Ivory

Material and Methods

Studies were conducted at TAF stations, respectively in 2002-2003 at Andranomanelatra and Ibity (Highlands of Vakinankaratra, at elevations of ca. 1500 m), and in 2004-2005 at Ivory (Middle-West of Vakinankaratra, elevation 950 m).

At Andranomanelatra and Ibity, experiments were conducted in split-plot/factorial designs, 21 m² plots, four reps, two modes of soil management (ploughing vs. direct seeding), six rice cultivars (FOFIFA 152, FOFIFA 154, FOFIFA 133, Exp 933, Exp 206 and Botramaitso), and two levels of seed treatment [unprotected control vs. 5 g of GAUCHO® T 45 WS (35% imidacloprid + 10% thirame) per kg of seeds]. Rice was planted in succession to soybean intercropped with *Crotalaria*, which itself succeeded to rice grown on maize and soybean residues (Michellon et al., 2001). One month after sowing, pitfall traps were installed at the centre of each plot, and were checked for epigeic fauna after one week. Twice a week from planting to harvest, soil samples were randomly taken in each plot, and endogaic macrofauna was recorded. At tillering, insect damage to rice was rated on a central subplot of 96 rice hills, using a 1-5 rating scale (with 1=no damage, and 5=100% of tillers damaged). At harvest, paddy rice grain in each central subplot was weighted.

At Ivory, observations on *Striga* infestation were made on an experiment which had been conducted since 1998 (Michellon et al., 2005). Rice cultivar B22 mono-cropped, DMC-managed on soybean residues succeeding to maize on *Brachiaria ruziziensis* residues (two reps) was compared to rice in continuous ploughed mono-crop (one rep). Parasitized rice hills were counted and expressed as a percentage of total number of hills 115 days after sowing (DAS). At harvest, grain yield was weighed on 70 m² surfaces.

Results

At both Andranomanelatra and Ibity, pitfall traps and soil samplings revealed higher abundance and biodiversity of epigeic and endogaic macrofauna, under DMC as compared to ploughed plots, particularly in terms of "non-pest" taxa. In December 2002, resp. 2.6 & 1.6 adults of the decomposer *Dynastid Hexodon unicolor unicolor* (Fig. 3) were recorded per trap at Ibity under DMC (resp. on control and seed-treated plots), compared to zero on ploughed plots. The predatory tiger beetle *Hipparidium equestre*, with more than one catch per trap, was twice more abundant under DMC than under ploughing conditions. At Andranomanelatra, *H. unicolor* populations were 10 times higher as compared to Ibity, with 21 & 16 per trap under DMC (resp. on control and seed-treated plots), compared to 4 on ploughed plots. As for white grub numbers, there was no distinct difference over the survey period between the two modes of soil management, whereas earthworms were significantly more abundant under DMC: in January, at Ibity, their mean density was 300/m² under DMC, irrespective of seed treatment, compared to less than 25 under ploughing.



Figure 3: *Hexodon unicolor unicolor* adult at Andranomanelatra



Figure 4: Scarabaeid beetle damage on rice (ploughed plot) at Ibity

In terms of insect damage, there was no genotypic difference between rice cultivars at both locations, and there was no difference between ploughing and DMC at Andranomanelatra. On the other hand, seed treatment resulted in reduced damage on both soil management systems (mean damage rate at harvest of 2.2 on control plots, compared to 1.8 on treated plots). At Ibity, damage was higher on ploughed than on DMC plots (mean rate of resp. 2.0 & 1.4 at harvest)(Fig. 4). Under DMC, there was no difference between control and seed-treated plots, whereas under ploughing, seed treatment resulted in reduced damage. At both locations, there were distinct yield differences between the two modes of soil management and seed treatment, in favour of DMC and insecticide protection (Table 1).

	DMC Treated	DMC Control	Ploughed Treated	Ploughed Control
Andranomanelatra	3.2	2.6	2.8	1.7
Ibity	3.7	2.4	2.3	1.7

Table 1. Paddy rice grain yield (t/ha) as a function of seed-dressing and soil management

At Ivory, at 115 DAS, infestation of rice hills by *Striga* was 2.4% on rice grown on soybean residues vs. 37.1% under ploughing. Evidence of *Striga* damage by the Nymphalid caterpillar *Junonia* sp. was observed on ploughed plots (Fig. 5). Rice yields were higher under DMC as compared to ploughing (2.3 ±0.47 vs. 1.2 t/ha).



Figure 5: *Junonia* sp. Caterpillars feeding on *Striga asiatica* plants at Ivory

Discussion

Our results from the Highlands indicated that after four years under DMC management under high soil pest pressure, rice yield, in the absence of seed protection with imidacloprid, was equivalent to that of ploughed rice with seed treatment. In the Middle-West, results obtained in 2004-2005 confirmed the general trend observed earlier, namely: impressive results (in terms of grain yield, attributed to reduction in *Striga* infestation) were obtained after the first year (3 t/ha of paddy rice, compared to 1.5 t/ha on the ploughed control), and results kept improving year after year, reaching 4 t/ha, even in a cyclonic year like 2004 (Michellon et al., 2005). Closer observations on other systems like maize undersown with *Arachis pintoi* or *A. repens* or maize grown on dead *B. ruziziensis* mulches, revealed the presence of *Striga* plants which had probably been overlooked the previous years, due to the fact that they barely flowered because of heavy damage by either insects (supposedly *Junonia* sp.) or *Fusarium* (Fig. 6)(Andrianavo, 2005). Our results highlight the positive effect of DMC on crop growth, particularly through action on the natural enemy complex. However, mechanisms involved in the reduction of pests' adverse impacts in DMC are multiple, and there is a need to further investigate the respective part of indirect effects through natural enemies or better crop nutrition, and direct effects like mechanical barriers, shading, etc., which might vary depending on the system and the pest.

References

- Andrianavo, A.P. Utilisation de microorganismes pathogènes contre *Striga asiatica*: une perspective dans le cadre d'une production agricole pluviale intégrée. Poster presented at "Forum de la recherche", 30 Mar-1 Apr 2005, Toamasina, Madagascar: MENRS.
- Andrianavo, A.P., Kachelriess, S., Kroschel, J., Zehrer, W. Biologie et Gestion du *Striga* à Madagascar. 1998. Antananarivo, Madagascar: FOFIFA-DPV-GTZ.
- Charpentier, H., Razanamparany, C., Rasoloarimanana, D., Rakotonarivo, B. Projet de diffusion de systèmes de gestion agrobiologique des sols et des systèmes cultivés à Madagascar. Rapport de campagne 2000/2001 et synthèse des 3 années du projet (TAF/ANAE-CIRAD-TAF/AFD). 2001. Antananarivo, Madagascar: Michellon, R., Moussa, N., Rakotoniaina, F., Razanamparany, C., Randriamanantsoa, R. Influence du traitement des semences et de la date de semis sur la production du riz pluvial en fonction du mode de gestion du sol sur les Hautes Terres. 2001. Antsirabe, Madagascar: TAF/CIRAD/FOFIFA.
- Michellon, R., Razanamparany, C., Moussa, N., Andrianavo, A., Fara Hanitriniaina, J.C., Razakamanatoanina, R., Rakotovazaha, L., Randrianavo, S., Rakotoniaina, F. Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar. 2005. Rapport de campagne 2003 - 2004. Hautes Terres et Moyen Ouest. Antsirabe, Madagascar: TAF/CIRAD, 107 p.



Figure 6: *Striga* plant destroyed by *Fusarium* neighbouring a healthy plant at Ivory

3. 2. Impact of a Direct seeding, Mulch-based, Conservation agriculture (DMC) rainfed rice-based system on soil pest and Striga infestation and damage in Madagascar

Impact des systèmes de semis direct sur couverture végétale permanente à base de riz pluvial sur l'infestation et les dégâts des pestes et du Striga à Madagascar

Ratnadass, A. ¹, Andrianaivo, A. ¹, Michellon, R. ², Moussa, N. ², Randriamanantsoa, R. ¹, & Séguy, L. ³

¹ Sustainable farming & rice cropping systems Cooperative Research Unit, University of Antananarivo-FOFIFA-CIRAD, BP 230, Antsirabe, Madagascar (ratnadass@cirad.mg),

² TAFE-CIRAD, Antsirabe, Madagascar, and ³CIRAD, Goiana, Brazil

Keywords : White grub, black beetle, cultural control, biological control, Fusarium, Junonia

Introduction

Direct seeding, Mulch-based, Conservation agriculture (DMC) systems are being extended in Madagascar in view of reducing erosion and loss of fertility of hill slope soils observed in conventional rainfed systems. However, little is known on their effects on infestation and damage to crops (particularly rice) of soil insect pests and Striga. The evaluation of the performance of these systems vis-à-vis biotic constraints, concomitantly with their development, is a warrant of their sustainability, and an illustration of the Integrated Pest Management (IPM) approach. This approach has been adopted by CIRAD and its partners the NGO TAFE ("Land and Development") and FOFIFA (National Center for Research Applied to Rural Development), notably in the framework of the Cooperative Research Unit "Sustainable Farming and Rice Cropping systems" (URP/SCRiD).

In the regions around Lake Alaotra and Manakara, dramatic damage by black beetles (*Heteronychus* spp.: Coleoptera, Scarabaeidae) has been observed at the beginning of the season on rice cropped on mulch, with a significant impact on yield. In these regions, seed treatment is mandatory for upland rice production, although its cost may hamper adoption of DMC systems (Charpentier et al., 2001). On the other hand, in the Highlands of the Vakinankaratra region, attacks by white grubs and black beetles on upland rice were demonstrably reduced after a few years of this new management (Ramanantsialonina, 1999; Michellon et al, 2001). Since several decades, *Striga asiatica* (Scrophulariaceae) has become a major constraint to staple cereal crop cultivation in strict rainfed cropping systems, particularly in the Middle-West of Vakinankaratra (Andrianaivo et al, 1998). After one year of DMC management based on mulches, either dead (crop residue involving legumes in rotation and/or intercrops), or live (involving undersowing with fodder crops), infestation of rice and maize was drastically reduced compared to the traditional plough-based system, and yields kept improving year after year, which encourages adoption by farmers of these systems (Michellon et al, 2005).

Studies presented in this paper were conducted with an aim to elucidate the factors accountable for reduction in infestation and damage by soil insect pests and Striga in a DMC rainfed rice-based system, with particular emphasis on their effect on natural enemies of pests.

Material and Methods

Studies were conducted at TAFE stations, respectively from 2002-2003 at Andranomanelatra and Ibity (Highlands of Vakinankaratra), and from 2004-2005 at Ivory (Middle-West of Vakinankaratra). These stations are respectively located at 12 km to the North, 24 km to the South, and 100 km to the West of Antsirabe, the main city of the Vakinankaratra region, at elevations of resp. 1600 m, 1500 m and 950 m.

At Andranomanelatra and Ibity, experiments were conducted in split-plot/factorial designs, with four reps per location, with two modes of soil management (ploughing vs. direct seeding), six rice cultivars (FOFIFA 152, FOFIFA 154, FOFIFA 133, Exp 933, Exp 206 and Botramaitso), and two levels of seed treatment [unprotected control vs. application of GAUCHO® T 45 WS (35% imidacloprid + 10% thirame) at the rate of 5 g/kg of paddy seeds]. At both sites, rice was planted in succession to soybean intercropped with *Crotalaria*, which itself succeeded to rice grown on maize and soybean residues (Michellon et al, 2001).

Plot size was 21 m². One month after sowing (which took place respectively on 5 & 6 Nov 2002 at Andranomanelatra and 12 & 13 Nov 2002 at Ibity), pitfall traps were installed at the centre of each plot, and were checked after one week. Twice a week from planting to harvest a soil sample was taken in each plot. It was centred on a rice hill, whose position had been determined at random, and consisted in a parallelepiped with a square section of 20 X 20 cm and a variable height determined by the depth of the compaction sur-



Striga asiatica on maize

face. Macrofauna was sorted and counted on the spot. At the tillering stage of the crop and at harvest, insect damage to rice was recorded on a central subplot of 96 hills: number of missing hills, and rating on a 1-5 rating scale (with 1=no damage, and 5=100% of tillers damaged) on remaining hills. At harvest (resp. from 18 Apr to 20 May 2003 at Andranomanelatra, and from 4 Apr to 2 May 2003 at Ibity), paddy rice grain in each central subplot was weighed.

At Ivory, observations were made on an experiment on Striga control (or more generally control of over-exploitation of soils through cereal mono-cropping) on rainfed rice-maize and/or soybean rotations through DMC management, which had been conducted since 1998. Observations on Striga infestation were made on rice (cultivar B22, planted on 23 Nov 2004, with treated seeds) mono-crop, DMC-managed on soybean residues succeeding to maize on *Brachiaria ruziziensis* residues (two reps) compared to rice in continuous ploughed mono-crop (one rep). Parasitized rice hills were counted and expressed as a percentage of total number of hills, resp. 40, 55, 70, 85 & 115 days after sowing (DAS). Qualitative observations were also made on evidence of insect or disease damage on Striga plants. At harvest, grain yield was weighed on surfaces of 70 m².

Results

At both Andranomanelatra and Ibity, pitfall traps and soil samplings revealed higher abundance and biodiversity of epigaeic and endogaeic macrofauna, under DMC conditions as compared to ploughed plots, particularly in terms of "non-pest" taxa. In December 2002, resp. 2.6 & 1.6 adults of the decomposer Dynastid *Hexodon unicolor unicolor* were recorded per trap at Ibity under DMC (resp. on control and seed-treated plots), compared to zero on ploughed plots. The predatory tiger beetle *Hipparidium equestre*, with more than one catch per trap, was twice as much abundant under DMC than under ploughing conditions. At Andranomanelatra, *H. unicolor* populations were 10 times as much numerous as at Ibity, with 21 & 16 per trap under DMC (resp. on control and seed-treated plots), compared to 4 on ploughed plots. As for white grub numbers, there was no distinct difference over the survey period between the two modes of soil management, whereas earthworms were significantly more abundant under DMC: in January, at Ibity, their mean density was 300/m² under DMC, irrespective of seed treatment, compared to less than 25 under ploughing.

At Andranomanelatra, there was no difference between ploughing and DMC in terms of soil pest attacks (due to the Dynastid *Heteronychus arator rugifrons*). On the other hand, seed treatment resulted in reduced damage on both soil management systems (mean damage rate at harvest of 2.2 on control plots, compared to 1.8 on treated plots). At Ibity, damage was higher on ploughed than on DMC plots (mean rate of resp. 2.0 & 1.4 at harvest). Under DMC, there was no difference between control and seed-treated plots, whereas under ploughing, seed treatment resulted in reduced damage (rate of 2.3, compared to 1.7). At both locations, there were distinct yield differences between the two modes of soil management and seed treatment, in favour of DMC and insecticide protection. There was no genotypic difference between rice cultivars in terms of insect damage. At Andranomanelatra, seed-treated/DMC-managed plots ranked first as far as grain yield was concerned (3.2 t/ha), followed by control/ploughed plots (2.8 t/ha), then by the control/DMC plots (2.6 t/ha), and lastly the control/ploughed plots (1.7 t/ha).

At Ivory, at 115 DAS, infestation of rice hills by Striga was 2.4% on rice grown on soybean residues vs. 37.1% under ploughing. Evidence of Striga damage by the Nymphalid caterpillar *Junonia* sp was recorded on ploughed plots. This year again rice yields were higher under DMC as compared to ploughing (2.3 ± 0.47 vs. 1.2 t/ha).



Black beetles damages on upland rice

Discussion

As for white grubs and black beetles (Coleoptera: Scarabaeidae), our results from the Highlands indicated that after four years under DMC management (based on a rice-soybean rotation with crop residue dead mulch), rice yield, in the absence of seed protection with imidacloprid, was equivalent to that of ploughed rice with seed treatment (Michellon et al, 2001). A positive effect of DMC management on macrofauna biodiversity (including natural enemy population) was observed both at Andranomanelatra and Ibity.

The general trend earlier observed in the Middle-West on the systems based on the rainfed rice-maize rotation, was confirmed in 2004-2005. Impressive results (in terms of grain yield, attributed to reduction in *Striga* infestation) were obtained after the first year (3 t/ha of paddy rice, compared to 1.5 t/ha on the plowed control), and results kept improving year after year, reaching 4 t/ha, even in a cyclonic year like 2004 (Michellon et al., 2005). However, due to drought and competition with water, rice yield was low on *Arachis* covers (rainfall was only 823 mm from 25 Nov to 15 Apr, compared to 1 448 mm during the same period in the 2003-2004 season).

Closer observations on other systems like maize undersown with *Arachis pintoi* or *Arachis repens* or maize grown on dead *B. ruziziensis* mulches, revealed the presence of *Striga* plants which had probably been overlooked the previous years, due to the fact that they barely flowered because of heavy damage by either insects (supposedly *Junonia* sp) or *Fusarium* (despite the drought)(Andrianaivo, 2005). In all these systems, the yield of maize (a better competitor than rice) was above 3.3 t/ha, and even above 4.5 t/ha on *A. pintoi*, compared to less than 3 t/ha under ploughing.

Our results highlight the positive effect of DMC on crop growth, particularly through action on the natural enemy complex. However, mechanisms involved in the reduction of pests' adverse impacts in DMC are multiple, and there is a need to further investigate the respective part of indirect effects through natural enemies or better crop nutrition, and direct effects like mechanical barriers, shading, etc., which might vary depending on the system and the pest.

References

- Andrianaivo, A.P. Utilisation de microorganismes pathogènes contre *Striga asiatica*: une perspective dans le cadre d'une production agricole pluviale intégrée. Poster presented at " Forum de la recherche ", 30 Mar-1 Apr 2005, Toamasina, Madagascar : MENRS.
- Andrianaivo, A.P., Kachelriess, S., Kroschel, J., Zehrer, W. Biologie et Gestion du *Striga* à Madagascar. 1998. Antananarivo, Madagascar: FOFIFA-DPV-GTZ.
- Charpentier, H., Razanamparany, C., Rasoloarimanana, D., Rakotonarivo, B. Projet de diffusion de systèmes de gestion agrobiologique des sols et des systèmes cultivés à Madagascar. Rapport de campagne 2000/2001 et synthèse des 3 années du projet (TAFA-ANAE-CIRAD-TAFA/AFD). 2001, Antananarivo, Madagascar: TAFA.
- Michellon, R., Moussa, N., Rakotoniaina, F., Razanamparany, C., Randriamanantsoa, R. Influence du traitement des semences et de la date de semis sur la production du riz pluvial en fonction du mode de gestion du sol sur les Hautes Terres. 2001, Antsirabe, Madagascar: TAFA/CIRAD/FOFIFA.
- Michellon, R., Razanamparany, C., Moussa, N., Andrianasolo, H., Fara Hanitriniaina, J.C, Razakamanatoanina, R., Rakotovazaha, L., Randrianaivo, S., Rakotoniaina, F. Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar. 2005, Rapport de campagne 2003 - 2004. Hautes Terres et Moyen Ouest. GSDM. Financement AFD - FFEM - CIRAD - MAEP. Antsirabe, Madagascar: TAFA/CIRAD, 107 p.
- Ramanantsialonina, H.M. Evolution de la faune et des dégâts aux cultures en fonction du mode de gestion des sols. 1999, Mémoire d'ingénieur en agronomie ESSA, University of Antananarivo. Antananarivo, Madagascar: CIRAD/FOFIFA/TAFA.



White grub



Photo: L. Séguy



- 1 Paysans adoptants dans leur champ
- 2 Terroir d'Ampanefy (Lac Alaotra)
- 3 Echanges avec les paysans (Sud-Est)
- 4 Formation aux champs
- 5 Démonstrations sur sols très dégradés
- 6 Terroir de diffusion. Rive Est du Lac Alaotra. (Photo: K. Naudin)



4^{ième} partie

L'approche terroir pour la diffusion des techniques de semis direct à Madagascar

Articles et posters présentés au troisième congrès mondial d'agriculture de conservation, Nairobi, Kenya, Octobre 2005.

An approach for creation, training and extension of systems based on direct seeding on permanent soil cover in Madagascar

Husson, O.¹; Rakotondramanana²; Charpentier H.³; Michellon R.³; Ramaroson, I.⁴; Razanamparany, C.⁴; Andriantsilavo, M.⁴; Moussa N.⁴ and Séguy, L.⁵

1. CIRAD/GSDM, BP 6039 Ambanidia, Antananarivo 101, Madagascar, olivier.husson@cirad.fr
2. GSDM, BP 6039 Ambanidia, Antananarivo 101, Madagascar, gsdm@wanadoo.org
3. CIRAD/TAFA, BP 853 Antananarivo 101, Madagascar, hubert.charpentier@cirad.fr
4. TAFA, 906A 165 Villa Vatosoa, Ampihaviana Antsirabe 110 Madagascar, tafa@antirabe@wanadoo.org
5. CIRAD, CP 504 Agencia Central 74001-970 Goiânia GO, Brazil, lucien.seguy@cirad.fr



Extension of direct seeded rice in Ankepaka, South West.

Experiments conducted in the 1990's in various ecological zones of Madagascar allowed to propose a large range of cropping systems based on direct seeding on permanent soil cover (DSPSC).

To face the many constraints of Malagasy farmers, a unique set of references was developed, for various agro-ecological and socio-economic conditions, with different levels of intensification and risk (Séguy, 2005). However, although the proposed systems had demonstrated their high agronomic, environmental and economic performances, and proved to be sustainable, their extension remained limited. Main reasons identified to explain this situation, apart from the limited financial resources allocated to this task, were the very limited human resources and the lack of an approach for extension of knowledge intensive systems, in a difficult environment: subsistence agriculture, smallholders with limited investment means, degraded soils, poor infrastructures, etc. (GSDM, 2004).

Developing an approach for extension of DSPSC in difficult environments

From 2000/2001, TAFA, CIRAD and partners from the Direct Seeding Group of Madagascar (GSDM) developed a holistic approach for training and extension of these systems, at large scale.

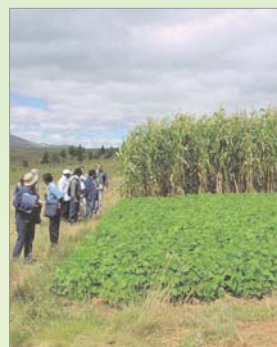
Using the experience gained by each of GSDM members working in the fields, for and with farmers, the approach progressively integrated:

- * Various scales: from plots, land units and farms to watershed, villages and communes
- * Technical, economic and social aspects
- * Cropping systems, animal husbandry systems and natural resources management
- * Adaptation of cropping systems and practices to actual farmers needs, training, extension and monitoring/evaluation in an integrated process
- * Indigenous and scientific knowledge
- * Theory and practice
- * Monitoring and evaluation (feed-back on adoption and adaptation by farmers, etc.)

Human resources and training

As DSPSC systems are knowledge intensive, this approach requires an important phase of training (extension agents and farmers). Learning is done by doing, in the villages, over a one year period at least for extension staff, and assistance is given to farmers for 3 to 4 years as DSPSC implies crop rotations, over several year periods.

The best farmers also can be used as relay for scaling up, from farmers to farmers.



Field training in Ibity (degraded ferrallitic soils in the central highlands)



Extension of DSPSC in Antsapanimahazo, ferrallitic soil in the central Highlands.

Results

GSDM proposed this approach in the framework of the "Agro-ecology project" in Madagascar (MAEP/AFD/FFEM/CIRAD-GSDM). It has been validated by a National Steering Committee and intensive work of training has been done in 2004/2005, with 35 technicians and engineers trained over a one year period, 50 regional and national decision makers and ministry staff trained for one week, etc.

Extension at large scale can be done at two different "speed":

- * Rapid, on some specific situations such as poly-cultures rice varieties in paddy fields with poor water control (Charpentier et al, 2005) in which systems are simple to identify and to extend.
- * Slower when difficult cropping and economic situations makes the choice of systems and their application more difficult, thus requiring better trained staff and time for farmers to get used to such original practices.

Using this approach, extension of systems based on DSPSC did start in 2001/2002 or 2002/2003 (according to agro-ecological areas) with demonstrations and training of the extension teams.

After a progressive increase in areas and number of farmers using DSPSC systems, a real break through has been achieved in 2004/2005 cropping season (Table 1), with an increase by 350% of the areas cultivated with these techniques, and by 270 % of the number of farmers (showing that farmers are increasing individually their areas cultivated with agro-ecological techniques).

Regions	Area (ha)			Number of farmers		
	2003/2004	2004/2005	% increase	2003/2004	2004/2005	% increase
Alaotra	121.9	570.1	467.7	703	1269	180.5
Highlands	45.5	108.5	238.5	60	299	498.3
South-East	42.7	114.1	267.2	377	1302	345.4
South-West	30.0	51.0	170.0	29	276	951.7
TOTAL	240.1	843.7	351.4	1169	3146	269.1

Table 1: Evolution of areas (ha) and number of farmers having adopted DSPSC systems in Madagascar

Conclusions

The strong interest of these agro-ecological techniques for Madagascar agriculture and farmers, their high agronomic, economic and environmental performances made it possible to propose them for extension at large scale. However, their wide extension in a difficult bio-physical and socio-economic environment required a specific approach, all the more that these knowledge intensive techniques could not be proposed for extension as a "simple" technological package.

To be successful, extension requires qualified extension staff, frequent and intense exchanges with farmers and a progressive intensification of the activities, while trust and confidence between actors is gained. It should also combine close technical support to farmers with improvement of the socio-environmental context, through organisation of farmers to insure timely and cost-efficient purchase of the needed inputs, improve the marketing conditions and make the social environment more favourable.

A national strategy for creation, training and extension of these techniques has been designed for Madagascar (GSDM, 2005), and this "hinterland" approach is now recommended for several projects of rural development being prepared or already active in various regions of Madagascar.

References

- Charpentier H., Husson, O.; Andriantsilavo, M.; Chabaud, C.; Ravanomanana, E.; Michellon, R.; Mouss, N.; Rakotondramambo, A. and Séguy, L.; 2005 : New rice varieties and cropping systems for paddy fields with poor water control in Madagascar. III world congress on conservation agriculture, 2-7 october 2005, Nairobi, Kenya.
- GSDM, 2005: Stratégie du GSDM pour la mise au point, la formation et la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar, GSDM/ MAEP, Antananarivo, Madagascar, 28 p.
- Séguy, L, 2005 : Rapport de mission à Madagascar du 31 mars au 9 avril 2005 : Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar, MAEP/AFD/FFEM/CIRAD ; CIRAD, Montpellier, France, 42 p + Annexes.

Main principles of the "hinterland approach" ("approche terroirs")

In this "hinterland approach", extension is based on individualised advices at farm level, with close and permanent interactions between farmers, extension agents and researchers. The guarantee for farmers to be able to ask for advice whenever they face problems, and strong technical and practical background of the extension agents helps creating trust and confidence between actors, which is at the core of the process.

For this, a wide basket of options is available and a set of systems can be proposed according to specific farmers' constraints.

In this process, some options are simply demonstrated in the village the first year, before progressive adoption and application by farmers the next seasons.

Farmers can base their choice on visual appreciation of the results, but also on technical and economical information provided by the extension team: costs, risks, constraints and expected performances of the various systems, for the different land units found in a village, etc.

This information is the basis for a sound decision, which is made by farmers themselves. With such an approach, "tailor-made" systems have high chances to be well adapted to their own individual situation and objectives.

The first year, inputs and credit are provided by the extension organisation.

Social organisation is developed at village or commune level to progressively transfer these tasks to farmers themselves (farmers groups for provision of inputs, purchase of equipments, access to bank system credit) but also to develop marketing channels, change social rules, etc. Monitoring and evaluation allows permanent adjustment of the proposals to fit farmers' needs and feedback to research.



Extension of DSPSC systems in the Alaotra region



4. 1. An approach for creation, training and extension of systems based on direct seeding on permanent soil cover in madagascar

Husson, O.¹, Michellon R.²; Charpentier H.²; Ramaroson, I.³; Razanamparany C.³; Andriantsilavo M.³; Moussa N.³; and Séguy, L.⁴.

1. CIRAD/GSDM, BP 6039 Ambanidia, Antananarivo 101, Madagascar, olivier.husson@cirad.fr
2. CIRAD/TAFA, BP 853 Antananarivo 101, Madagascar, hubert.charpentier@cirad.fr
3. TAFA, 906A 165 Villa Vatosoa, Ampihaviana Antsirabe 110 Madagascar, tafaantsirabe@wanadoo.mg
4. CIRAD, CP 504 Agencia Central 74001-970 Goiânia GO, Brazil, lucien.seguy@cirad.fr

Key words : Direct seeding on permanent soil cover, extension, methodology, Madagascar, hinterland.

Introduction

Experiments conducted in the 1990's in various ecological zones of Madagascar allowed to propose a large range of cropping systems based on direct seeding on permanent soil cover (DSPSC). To propose solutions and face the many constraints of Malagasy farmers, a unique set of references was developed, for various agro-ecological and socio-economic conditions, with different levels of intensification and risk (Séguy, 2005). However, although the proposed systems had demonstrated their high agronomic, environmental and economic performances, and proved to be sustainable, their extension remained limited until the beginning of the 21st century.

Main reasons identified to explain this situation, apart from the limited financial resources consecrated to this task, were the very limited human resources and the lack of an approach for extension of knowledge intensive systems, in a difficult environment: subsistence agriculture, smallholders with limited investment means, degraded soils, poor infrastructures, etc. (GSDM, 2004)

Developing an approach for extension of DSPSC in difficult environment

From 2000/2001, TAFA, CIRAD and partners from the Direct Seeding Group of Madagascar (GSDM) developed a holistic approach for training and extension of these systems, at large scale.

Using the experience gained by each of GSDM members working in the fields, with farmers, the approach progressively integrated:

- Various scales: from plots, land units and farms to watershed, villages and communes
- Technical, economic and social aspects
- Cropping systems, animal husbandry systems and natural resources management
- Adaptation of cropping systems and practices to actual farmers needs, training, extension and monitoring/evaluation in an integrated process
- Indigenous and scientific knowledge
- Theory and practice
- Monitoring and evaluation

Main principles of the "hinterland approach" ("approche terroirs")

In this "hinterland approach", extension is based on individualised advices at farm level, with close and permanent interactions between farmers, extension agents and researchers. The guarantee for farmers to be able to ask for advice whenever they face problems, and strong technical and practical background of the extension agents helps creating trust and confidence between actors, which is at the core of the process.

For this, a wide basket of options is available and a set of systems can be proposed according to specific farmers' constraints.

In this process, some options are simply demonstrated in the village the first year, before progressive adoption and application by farmers the following seasons.

Farmers can base their choice on visual appreciation of the results, but also on technical and economical information provided by the extension team: costs, risks, constraints and expected performances of the various systems, for the different land units found in a village, etc.

This information is the basis for a sound decision, which is made by farmers themselves. With such an approach, "tailor-made" systems have high chances to be well adapted to their own individual situation and objectives.

The first year, inputs and credit are provided by the extension organisation.

Social organisation is developed at village or commune level to progressively transfer these tasks to farmers themselves (farmers groups for provision of inputs, purchase of equipments, access to bank system credit) but also to develop marketing channels, change social rules when needed, etc..

Monitoring and evaluation allows permanent adjustment of the proposals to fit farmers' needs and feedback to research.

Human resources and training

As DSPSC systems are knowledge intensive, this approach requires an important phase of training (extension agents and farmers). Learning is done by doing, in the villages, over a one year period at least for extension staff, and assistance is given to farmers for 3 to 4 years as DSPSC implies crop rotations, over several year periods.

The best farmers also can be used as relay for multiplication of extension operations, from farmers to farmers.



Training in Alaotra region (H. Charpentier)

Photo: P. Grandjean

Results

The positive results obtained during the phase of development and test of this approach led GSDM to propose this approach in the framework of the "Agroecological" project in Madagascar (funded by the French Agency for Development) and intensive work of training has been done in 2004/2005, with 30 technicians and engineers trained over a one year period, 50 regional and national decision makers and ministry staff trained for one week, etc..

Extension at large scale can be done at two different "speed":

* Rapid, on some specific situations such as poly-apititude rice varieties in paddy fields with poor water control (Charpentier et al, this congress) in which systems are simple to identify and extend

* Slower when difficult cropping and economic situations makes the choice of systems and their application more difficult, thus requiring better trained staff and time for farmers to get used to such original practices.

Using this approach, extension of systems based on DSPSC started in 2001/2002 or 2002/2003 (according to agro-ecological areas) with demonstrations and training of the extension teams.

After a progressive increase in areas and number of farmers using DSPSC systems, a real break through has been achieved in 2004/2005 cropping season (Table 1), with an increase of 350% of the areas cultivated with these techniques, and of 270 % of the number of farmers (showing that farmers are increasing individually their areas cultivated with agro-ecological techniques)

Regions	Area (ha)			Number of farmers		
	2003/2004	2004/2005	% increase	2003/2004	2004/2005	% increase
Alaotra	121.9	570.1	467.7	703	1269	180.5
Highlands	45.5	108.5	238.5	60	299	498.3
South-East	42.7	114.1	267.2	377	1302	345.4
South-West	30.0	51.0	170.0	29	276	951.7
TOTAL	240.1	843.7	351.4	1169	3146	269.1

Table 1: Evolution of areas (ha) and number of farmers having adopted DSPSC systems in Madagascar

Conclusions

The strong interest of these agro-ecological techniques for Madagascar agriculture and farmers, their high agronomic, economic and environmental performances made it possible to propose them for extension at large scale.

However, their wide extension in a difficult bio-physical and socio-economic environment required a specific approach, all the more that these knowledge intensive techniques could not be proposed for extension as a "simple" technological package.

To be successful, extension requires qualified extension staff, frequent and intense exchanges with farmers and a progressive intensification of the activities, while trust and confidence between actors is gained.

It should also combine close technical support to farmers with improvement of the socio-environmental context, through organisation of farmers to insure timely and cost-efficient purchase of the needed inputs, improve the marketing conditions and make the social environment more favourable

A national strategy for creation, training and extension of these techniques has been designed for Madagascar (GSDM, 2005), and this "hinterland" approach is now recommended for several projects of rural development being prepared or already active in various regions of Madagascar.



Fast extension of upland rice in Ankepaka (South-East)

References

Charpentier H., Husson, O. ; Andriantsilavo, M. ; Chabaud, C. ; Ravanomanana, E. ; Michellon, R. ; Mouss, N. ; Rakotondralambo, A. and Séguy, L. ; 2005 : New rice varieties and cropping systems for paddy fields with poor water control in Madagascar. This congress.

GSDM, 2005: Stratégie du GSDM pour la mise au point, la formation et la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar, GSDM/ MAEP, Antananarivo, Madagascar, 28 p.

Séguy, L, 2005 : Rapport de mission à Madagascar du 31 mars au 9 avril 2005 : Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar, MAEP/AFD/FFEM/CIRAD ; CIRAD, Montpellier, France, 42 pages + Annexes



*Farmer in his Maize + Dolique field,
Alaotra region*

IV. 2. Une approche socio-éco-territoriale en appui à la diffusion des techniques agro-écologique au Lac Alaotra, Madagascar

A socio-eco-territorial approach as a support to extension of agro-ecological techniques in Alaotra Lake, Madagascar

Chabierski, S. ¹; Dabat, M.H. ²; Grandjean, P. ³; Ravalitera, A. ⁴ et Andriamalala, H. ⁵

1. BRL-Madagascar, Agence d'Ambatondrazaka, Lot 19605 Avaradrova Nord, Madagascar, stephane_chabierski@yahoo.fr
2. CIRAD, URP SCRiD, BP 853, 101 Antanananarivo, Madagascar, dabat@cirad.fr
3. Projet BVAlaotra, BP 103, Ambatondrazaka 503, Madagascar, grandjean@wanadoo.mg
4. Projet BVAlaotra, BP 103, Ambatondrazaka 503, Madagascar, bvlac@wanadoo.mg
5. BRL-Madagascar, Agence d'Ambatondrazaka, Lot 19605 Avaradrova Nord, Madagascar, brlato@wanadoo.mg

Résumé

A Madagascar, la saturation et la stagnation de la productivité des zones irriguées conduisent à une mise en culture de plus en plus fréquente et importante des bassins versants. Cependant l'érosion et le ruissellement peuvent engendrer la dégradation de ces sols fragiles et causer des dégâts sur les infrastructures et les rendements en aval. Le développement de solutions adaptées aux conditions locales qui soient économiquement rentables et facilement applicables, tout en préservant l'environnement, est un enjeu capital pour le pays. Les techniques agro-écologiques de "semis direct sur couverture végétale permanente" ou SCV peuvent relever ce défi. La région du Lac Alaotra a connu ces dernières campagnes le plus fort niveau de diffusion des techniques agro-écologiques dans le pays. Plus encore que le nombre d'adoptants ou la superficie concernée, la taille croissante des parcelles en SCV au sein des exploitations attestent d'un impact significatif en termes économiques (augmentation de la productivité, intégration au marché, accroissement des revenus). Plusieurs raisons peuvent expliquer cette évolution locale. Tout d'abord les résultats d'une recherche-développement performante, une large gamme de systèmes de culture adaptables aux diverses conditions agro-écologiques et catégories d'agriculteurs ayant été mis au point par l'ONG Tafa. Ensuite le rôle important que joue le soutien d'un projet d'aménagement et de développement local, le projet BVAlaotra. Son originalité est d'adopter une démarche globale et intégrée à dominante socio-éco-territoriale qui apporte des réponses sur mesure au système de contraintes auquel font face les paysans et exerce un effet de levier sur l'adoption.



Visites de champs avec les paysans adoptants

Mots clefs

Madagascar, agro-écologie, économie, bassin-versant, développement, aménagement

Introduction

A Madagascar, la saturation et la stagnation de la productivité des zones irriguées, conduisent à une mise en culture de plus en plus fréquente et importante des tanety. Cependant l'érosion et le ruissellement peuvent engendrer la dégradation de ces sols fragiles et causer des dégâts sur les infrastructures et les rendements en aval. Le développement de solutions adaptées aux conditions agro-climatiques et socio-économiques locales qui soient économiquement rentables et facilement applicables, tout en préservant l'environnement, est un enjeu capital pour le pays. Les techniques agro-écologiques de "semis direct sur couverture végétale perma-

nente " ou SCV peuvent relever ce défi.

L'objectif de cette communication est double : (1) montrer les avantages de ces techniques sur le plan de la rentabilité économique de leur adoption et faire le constat d'un niveau de diffusion qui s'accélère, (2) mettre en exergue une démarche stratégique qui favorise le développement de telles techniques. Cette démarche s'incarne dans l'approche déployée par un projet d'aménagement des bassins versants au Lac Alaotra, l'une des zones de diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar. La stratégie vise, d'une part, à améliorer l'accès des adoptants potentiels aux autres formes de capital (foncier, financier, humain/social) en complément au capital technique, d'autre part, à intervenir sur l'environnement spatial et économique des exploitations : aménagement du territoire et filières agro-alimentaires ; de façon à avoir un effet de levier sur le changement technique.

Principes et naissance du semis direct sur couverture végétale à Madagascar

Les systèmes de culture basés sur les principes du semis direct sur couverture végétale permanente proposent une agriculture attractive, rentable, protectrice de l'environnement et durable. Le fonctionnement des SCV présente de nombreuses similitudes avec une forêt qui aurait atteint son climax (Séguy, 1996). Dans ces systèmes, le sol n'est jamais travaillé et une couverture morte ou vivante est maintenue en permanence. La biomasse utilisée pour le paillage provient des résidus de plantes, de cultures intercalaires ou dérobées (légumineuses ou graminées) utilisées comme pompes biologiques et qui valorisent les ressources hydriques disponibles (Husson, 2004). Ces systèmes permettent notamment de contrôler totalement l'érosion, de produire de manière stable en tamponnant les aléas climatiques, d'accroître les revenus des agriculteurs (diminution des coûts de production et augmentation des rendements) et d'assurer une meilleure intégration de l'agriculture et de l'élevage, la plupart des plantes de couverture utilisées étant à vocation fourragère.

Les premiers tests de SCV à Madagascar, inspirés des résultats obtenus au Brésil, datent du début des années 90 et ont été réalisés à Antsirabe et sur les Hauts Plateaux. Avec la création de l'ONG TAFE en 1994 et un appui technique du Centre international de coopération en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), les zones d'essai allaient progressivement s'élargir aux régions tropicales humides du Sud-Est, semi-arides du Sud-Ouest et aux écologies de moyenne altitude avec longue saison sèche (Lac Alaotra et Moyen-Ouest). En quelques années a ainsi été créée une large gamme de systèmes de culture adaptés aux différentes conditions pédo-climatiques et socio-économiques rencontrées à Madagascar. Les premières opérations de diffusion ont été entreprises depuis 1998 par différents organismes (ANAE, BRL, AVSF, FAFIALA, FIFAMA-NOR, Inter Aide...) et accélérées avec le soutien financier de l'Agence Française de Développement (AFD) et du Ministère malgache de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP) depuis 2002. La création en 2000 du Groupement Semis Direct de Madagascar (GSDM) qui regroupe ces différents organismes permet par ailleurs d'assurer la coordination technique des différentes actions entreprises en matière de recherche et de vulgarisation des techniques de SCV. Avec ces techniques agro-écologiques, TAFE a développé une approche (recommandée par le GSDM) pour leur diffusion au niveau de terroirs villageois basée sur un conseil rapproché à l'exploitation (GSDM, 2004).

Un projet à la mesure des contraintes locales au Lac Alaotra

La région du Lac Alaotra se situe à environ 250 km au Nord-Est de la capitale Antananarivo à laquelle elle est reliée en grande partie par une piste. Elle est l'une des principales zones rizicoles de Madagascar, avec plus de 80.000 ha de rizières, et l'une des rares zones excédentaires en riz, avec une production en année normale de 200.000 t dont 40% en moyenne approvisionnent les deux villes les plus peuplées du pays dont la capitale. Malgré sa richesse relative et son dynamisme, dont atteste la forte pression migratoire, la région du Lac Alaotra est, à l'image de plusieurs zones de Madagascar, menacée par plusieurs facteurs : la saturation des rizières de plaine et l'impossibilité de les étendre, la stagnation des rendements rizicoles, des sols fragiles et une forte érosion géologique imprimée dans le paysage, la colonisation par les paysans des collines alentours avec des pratiques culturelles et pastorales qui aggravent le phénomène érosif, la difficulté des acteurs locaux à maîtriser leur développement.

Faisant face à ces problèmes, le projet " Mise en valeur et protection des bassins versants du Lac Alaotra " (BVAloatra, 2003-2007) financé également par l'AFD et dont la maîtrise d'œuvre est déléguée par le MAEP au CIRAD, poursuit les objectifs (1) d'amélioration des revenus des populations locales, (2) de préservation des ressources naturelles pour la sécurisation des investissements hydrauliques en aval (3) et de renforcement des capacités des organisations paysannes et des communes à prendre en charge leur développement. L'un des volets de ce projet, confié à BRL-Madagascar, qui intervenait déjà dans la zone depuis 2000, vise à diffuser les techniques de semis direct sur couverture végétale auprès des paysans des bassins versants.

Les techniques diffusées au Lac Alaotra

L'ONG TAFE a mis en place les premiers essais au Lac Alaotra en 1998 (Charpentier, 1999). Des référentiels techniques d'aménagement ont ainsi été produits et mis à la disposition des différents organismes de vulgarisation agricole depuis 1999 (ANAE, BRL, VSF...). Les systèmes de culture vulgarisés sont adaptés aux différentes situations culturelles et catégories d'exploitations agricoles rencontrées. Sur les parties basses (sols alluvionnaires ou rizières hautes), une double culture annuelle alternant un riz pluvial à cycle court de saison des pluies avec une légumineuse ou du maraîchage de contre saison est préconisée. Les cultures maraîchères sur couverture morte intéressent fortement les paysans de la région car les revenus dégagés par ces systèmes sont conséquents (gains en productivité et baisse des charges en main d'œuvre pour l'irrigation et le sarclage notamment). L'utilisation de variétés de riz polyaptitudes (SEBOTA) permet de mettre en valeur avec des résultats probants les rizières présentant un régime hydrique aléatoire (présence d'une lame d'eau durant seulement un à deux mois au cours du cycle). Ces rizières couvrent une superficie d'environ 70.000 ha au Lac Alaotra, les enjeux pour la production en riz à l'échelle régionale et nationale sont donc importants. Une gamme de systèmes de culture diversifiée est enfin proposée pour la mise en valeur des collines en saison des pluies (sols de type ferrallitiques plus ou moins désaturés). L'association entre le manioc et le *Brachiaria* notamment est appelée à se développer très rapidement car en dehors des avantages que la technique offre pour la culture du manioc (rendements multipliés par 2 à 3 par rapport aux pratiques locales), elle permet également d'améliorer le disponible fourrager des exploitations agricoles et de contrôler totalement l'érosion sur les forts pentes (Charpentier, 2004). Le *Brachiaria* restructure et recharge le sol en carbone, il peut donc également constituer un bon pré-cédent pour des cultures vivrières ou la plantation d'arbres (vergers, *Accacia* spp...).



Diffusion rapide à l'échelle du terroir

Progression de la diffusion et suivi technico-économique d'accompagnement

Cinq années de recul permettent de faire un état de la diffusion des techniques agro-écologiques au Lac Alaotra. Les méthodes d'évaluation s'affinent : elles ne se limitent plus à la superficie et au nombre d'adoptants mais s'intéressent à des indicateurs tels que la superficie moyenne par adoptant ou à l'analyse des abandons pour améliorer les produits diffusés. Les outils de suivi mis en place portent aussi bien sur les aspects techniques que sur les résultats économiques à la parcelle et à l'exploitation.

Impact technico-économique des systèmes de culture

L'évaluation des principaux systèmes de culture diffusés, à partir d'un suivi technico-économique des parcelles encadrées, montre une valorisation intéressante de la journée de travail. Dès la première année, les systèmes à base de maïs associé à une légumineuse, de riz ou de haricot, sur couverture morte, dégagent des revenus supérieurs au coût d'opportunité du travail (estimé à la valeur du salariat agricole: entre 1400 et 2000 Ariary par jour de travail selon les périodes considérées). Par ailleurs, les revenus générés augmentent au fil des années de pratique du semis direct : les niveaux de production s'accroissent et les charges diminuent (suppression du labour, diminution de la pression en adventices, meilleure valorisation des fumures ...). Les semis étant réalisés dès les premières pluies utiles, les produits peuvent être commercialisés à une période où les prix sur le marché sont très élevés (période de soudure alimentaire de mars-avril) (Fig.1)

Des superficies par adoptant en croissance

Les superficies encadrées par BRL ne cessent de croître au fil des campagnes agricoles, 240 ha ont notamment été mis en valeur avec ces techniques cette année dans la région (Fig.2) (BRL, 2005). Alors que le nombre d'adoptants augmentait plus vite que la superficie en début de période, c'est l'inverse qui s'est produit lors des deux dernières campagnes agricoles (Fig.2). Les superficies en semis direct sur couverture végétale par adoptant ont très nettement augmenté entre les saisons 2003-2004 et 2004-2005 (Fig.3). Cette inflexion est garante d'un impact nécessairement plus significatif de la diffusion et de l'adoption des techniques agro-écologiques sur le revenu des exploitations agricoles.

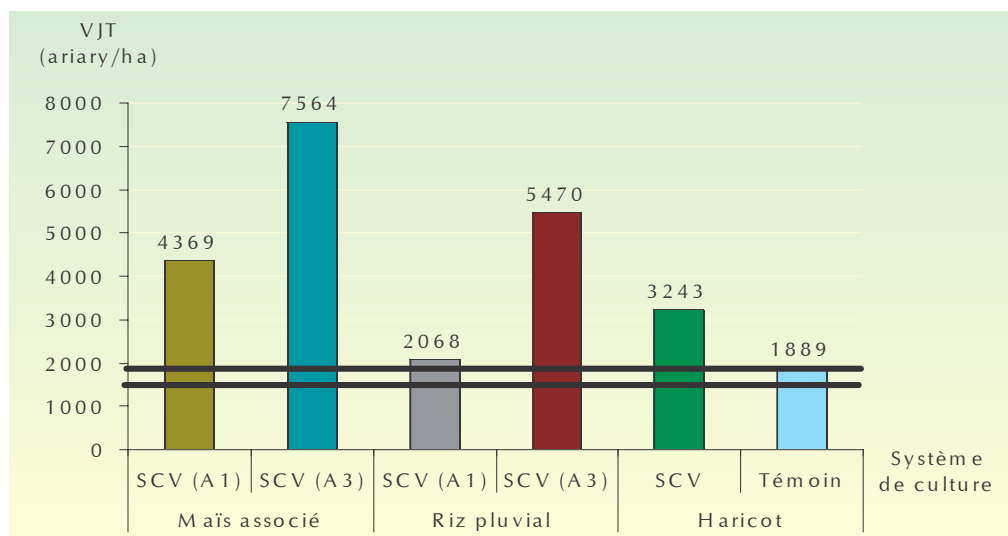


Fig. 1 : Evolution de la valorisation de la journée de travail en fonction de la pratique des SCV

VJT = (Produit brut-Intrants)/Nb journées de travail ; A1 : parcelles nouvellement encadrées ; A3 : parcelles encadrées depuis 3 ans ; Témoin : parcelles cultivées en itinéraire traditionnel

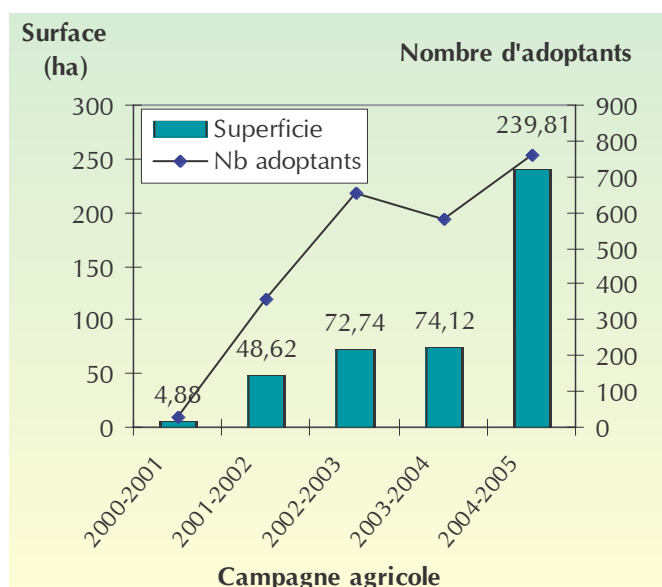


Fig. 2 : Evolution des parcelles en SCV encadrées par BRL au Lac Alaotra

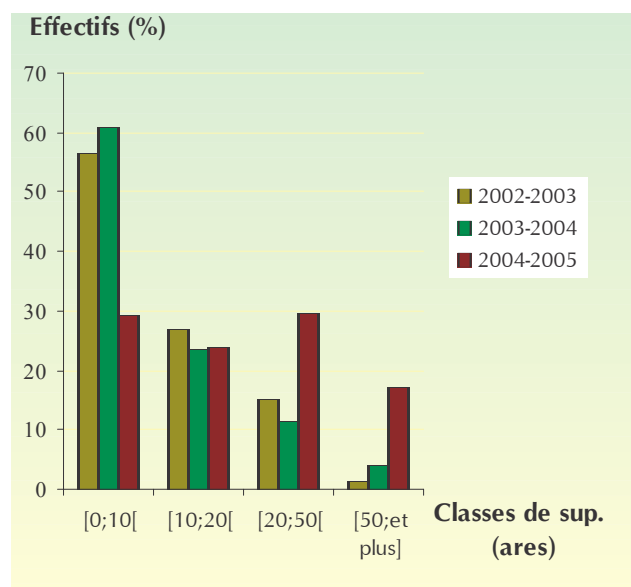


Fig. 3 : Répartition des effectifs d'adoptants par classe, superficie et campagne agricole

Le suivi des abandons

Un système de suivi rigoureux a été mis en place dans le cadre du projet. Une base de données recensant des informations précises sur l'ensemble des parcelles des paysans encadrés a été constituée et est réactualisée à chaque campagne agricole. Une exploitation de cette base réalisée par BRL en 2003 dans les Vallées du Sud-Est du Lac Alaotra faisait état de 20 % des parcelles en SCV abandonnées. Les principaux facteurs de blocage évoqués ont été par ordre d'importance : les résultats économiques (29 % des abandons), la divagation des animaux d'élevage (28 %), les aléas climatiques (23 %) et le foncier (14 %).

Concernant le premier point, les systèmes de semis direct sur couverture végétale nécessitent un niveau de technicité important et sont de surcroît très évolutives. Le non respect des itinéraires techniques préconisés ou l'inadéquation des systèmes proposés aux réalités paysannes locales peuvent avoir de lourdes conséquences sur l'évolution de la diffusion. Les paysans et les agents vulgarisateurs devraient donc bénéficier d'encore plus de formations régulières. Les problèmes de divagation des animaux d'élevage (pâturage des plantes de couverture ou des résidus de récolte pendant la saison sèche, destruction des cultures en cours de cycle) peuvent être contournés si les parcelles sont embogagées ou si des lois internes visant à interdire ce type de pratique sont mises en place à l'échelle des terroirs villageois. Les résultats obtenus en ce sens en 2004-2005 sont par-

ticulièrement encourageants. L'importante variabilité climatique interannuelle observée dans la région (succèsions d'années sèches, cyclones dévastateurs etc...) peut remettre en cause la capacité de certains paysans à investir sur les cultures pluviales. Notons toutefois que les systèmes de SCV permettent justement de tamponner ces aléas à partir de deux à trois années de pratique (meilleure gestion des ressources hydriques notamment), observation validée par plusieurs paysans du Lac Alaotra. Enfin, les adoptants ayant évoqué un problème d'ordre foncier étaient surtout des métayers.

Le suivi des abandons permet d'estimer l'adéquation des systèmes proposés aux pratiques locales et d'ajuster à la fois l'offre technique et les mesures socio-économique d'appui (formation, sécurisation foncière, organisation des exploitants...).

Une approche globale et intégrée qui associe l'économique, le social et le territorial

La démarche développée par le projet BVAloatra découle du constat empirique et généralisé de performances agricoles en deçà des espérances dans la région, bien que supérieures à la moyenne nationale. Au delà du risque d'érosion et d'une maîtrise de l'eau problématique, la production rizicole, fer de lance de l'économie locale, stagne pour plusieurs raisons : déficience de l'approvisionnement en intrants, pratiques agricoles peu performantes, faible utilisation du crédit, inadéquation des modes de faire-valoir (métayage, insécurité foncière), problèmes de commercialisation (inorganisation des producteurs, moyens de communication déficients)... La stratégie du projet repose sur l'idée que la diffusion de techniques nouvelles ou améliorées, aussi performantes soient-elles, ne pourra être efficace si elles sont adressées à des exploitants qui peuvent mobiliser les autres formes de capital utiles à l'expression de ces innovations, dans un environnement spatial et économique porteur.

L'accès aux autres formes de capital : foncier, financier, humain et social

- **Sécurisation du capital foncier** : le projet soutient la mise en œuvre de procédures innovantes de régularisation foncière selon un concept décentralisé basé sur un transfert de gestion domaniale à des syndicats intercommunaux de gestion foncière. Pour accélérer le nombre d'immatriculations, les communes obtiendront un droit sur des portions du domaine privé national de leur territoire et pourront délivrer aux occupants des parcelles localisées dans les zones dotées. Le projet les appuie pour la création de guichets fonciers communaux (réhabilitation de bâtiment, recrutement et formation d'agents techniques, réalisation des plans locaux d'occupation foncière, manuel de procédures), permettant ainsi une gestion de proximité et l'accès rapide et sécurisé des agriculteurs au capital foncier. La sécurisation est bien avancée dans la zone Ouest du Lac Alaotra, plus de 90 titres fonciers ont été délivrés avec l'appui des services déconcentrés des Domaines et de la Topographie au démarrage du projet et ces opérations sont poursuivies avec la création d'un guichet foncier intercommunal et l'intervention d'opérateurs privés pour la réalisation de nouveaux dossiers de dotation foncière dans 17 zones de gestion concertée. Ces travaux s'appuient sur la réalisation de photographies aériennes et satellitaires. Dans les vallées du Sud-Est, un diagnostic foncier a été réalisé en préalable à des actions de sécurisation foncière adaptées à la situation locale.

- **Accès au capital financier** : bien que le projet ne comporte pas de volet crédit à proprement parler, la facilitation de l'accès des producteurs au capital financier est recherchée. Des améliorations substantielles au système de crédit existant sont proposées et testées, notamment au niveau de l'information des candidats. Un effort particulier a été consenti pour former des associations de crédit à caution solidaire en prévision de la campagne agricole 2004-2005. Plus de 40 associations ont déposé un dossier de demande de crédit auprès de la Bank of Africa

(BOA) essentiellement pour des cultures pluviales en semis direct. Fin 2004, 29 groupements de semis direct ont obtenu un crédit pour l'achat d'intrants et la faisance-valoir pour un montant total de 50,6 millions Ariary (environ 20 000 ₨) bénéficiant à 259 agriculteurs. Mais le déblocage des fonds a été tardif obligeant le projet à relayer temporairement la banque. Les taux de remboursement s'annoncent très bons, le nombre de bénéficiaires devrait augmenter pour la prochaine campagne sous réserve que la procédure administrative de mise à disposition des fonds soit simplifiée et accélérée. Le projet envisage de faciliter aussi l'accès des producteurs au micro-crédit.



Riz pluvial sur un terroir de la rive Ouest du Lac Alaotra

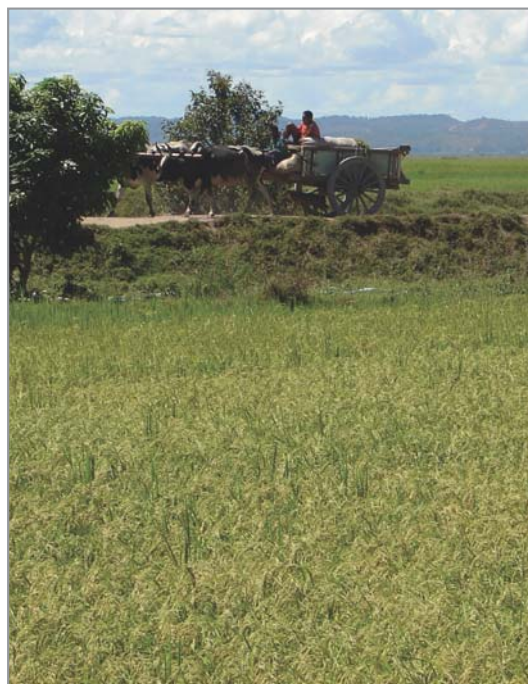
- Amélioration du capital humain et social : le projet a appuyé BRL pour la création de groupements de semis direct ; une quarantaine de groupements sont actuellement formalisés ou en voie de l'être. Cette démarche facilite les actions de formation et d'information techniques: communication et discussion des résultats de la campagne précédente, sensibilisation de nouveaux adoptants, préparation des travaux agricoles de la campagne à venir. Plus largement, ces groupements ont pour objectif de démultiplier l'action des techniciens agricoles (communication d'informations hebdomadaires par le canal des présidents de groupements), la réalisation d'économies d'échelle en matière de commercialisation et d'approvisionnement, une meilleure représentativité des paysans (réduction du nombre d'interlocuteurs avec les décideurs) et la facilitation des démarches entreprises auprès des institutions de financement rural. Le projet, avec l'aide des socio-organismes de BEST, assure des formations et un appui auprès des groupements de semis direct pour une plus grande prise en charge individuelle et collective de leurs activités. La structuration et la professionnalisation progressives des groupements facilitent la diffusion des techniques par la construction d'un capital humain et social sous la forme d'acquisition de savoir-faire, de construction de réseau et d'accession à l'autonomie technique, organisationnelle et financière.

Un environnement spatial et économique propice au changement technique

Au-delà de renforcer les différentes formes de capital complémentaires au capital technique au sein des exploitations ou des groupes d'exploitants, le projet BVALaotra adopte une démarche d'intégration des exploitations à la fois dans leur environnement territorial matérialisé par leur terroir d'appartenance que dans leur environnement économique représenté par les filières agro-alimentaires dans lesquelles elles s'insèrent.

En s'inspirant de l'approche " terroir " développée par TAFE dans plusieurs zones du pays, le projet appuie BRL et Vétérinaires Sans Frontières (VSF) pour l'aménagement d'une dizaine de terroirs villageois sur sa zone d'intervention. Le concept de terroir présente plusieurs avantages et notamment celui d'intégrer les techniques de semis direct dans des schémas d'aménagement globaux du territoire à dominante spatiale : sécurisation foncière, gestion des ressources agro-pastorales, lutte anti-érosive, désenclavement limité de certaines zones... L'intervention en terroir devrait également faciliter le suivi technique des adoptants et la mesure des impacts tant sur le paysage qu'au niveau du revenu des exploitations. Cette approche est en parfaite synergie avec l'appui du projet aux collectivités territoriales dont les nouvelles communes rurales, qui préparent leurs stratégies respectives d'aménagement et de développement local.

Outre l'accès au crédit, le projet intervient également sur le plan économique au niveau de l'insertion des produits issus des nouvelles techniques dans les filières et les marchés. Les nouvelles variétés de riz pluvial SEBOTA ont fait l'objet de tests d'usinage et de dégustation auprès des consommateurs. Dans le même ordre d'idée et en cohérence avec les bons résultats de la culture maraîchère en semis direct lors de la contre-saison 2004, un atelier régional sur la tomate a été organisé en 2004 pour jeter les bases d'une meilleure organisation de la filière. La tomate du Lac Alaotra est très appréciée par les consommateurs d'Antananarivo et elle est seule à occuper ce marché pendant les mois de juillet à septembre après la récolte d'Ambohidrazana-Anjeva et avant les principales récoltes d'Analavory-Itasy puis de Mahitsy. Ce type d'initiative d'appui à la connaissance des marchés et à l'organisation des filières devrait se multiplier au rythme de l'augmentation des productions agricoles (pomme de terre, oignon...).



Riz SEBOTA dans une rizière à mauvaise maîtrise de l'eau au Lac Alaotra

Intérêts de l'agro-écologie à l'échelle du bassin versant : le cas de Vallée Marianina/PC15

Les périmètres irrigués de Vallée Marianina/PC15, d'une superficie de 3.600 ha, comptent parmi les plus prospères de la région : les rendements moyens en riz y atteignent régulièrement plus de 4,5 t/ha. Les redevances prélevées par la Fédération qui assure la gestion, l'entretien et la protection des infrastructures hydro-agricoles, et les Associations des Usagers de l'Eau (AUE) qui exploitent les périmètres, sont insuffisantes pour pouvoir réaliser en plus de l'entretien courant, des provisions pour gros entretien et renouvellement et financer



Revégétalisation des tanety au Lac Alaotra

mettre en valeur efficacement les rizières à mauvaise maîtrise d'eau et de développer l'intégration de l'agriculture et de l'élevage (amélioration du disponible fourrager, transferts horizontaux de fertilité), devraient avoir un impact important sur les revenus de l'ensemble des exploitations agricoles de la vallée dans les années à venir. 16 Groupes de Semis Direct viennent de se regrouper en une Fédération dont les principaux objectifs sont de faciliter la commercialisation des produits agricoles et l'approvisionnement en intrants. Les SCV réduisent également fortement les apports de sédiments par érosion en nappe (couverture du sol, infiltration de l'eau...), à l'origine de 60 à 80 % des apports de sable occasionnant les dégâts sur les aménagements dans la vallée.

La vallée Marianina/PC15 est l'une des trois zones d'intervention prioritaires du projet BVAlaotra. Les techniques de semis direct sur couverture végétale, diffusées selon une approche globale et intégrée, procurent des avantages aux différentes échelles d'organisation de la production agricole : parcelle, exploitation, région.

Conclusion

La région du Lac Alaotra a connu ces dernières campagnes le plus fort niveau de diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar. Mais plus encore que le nombre d'adoptants ou la superficie concernée, l'ancienneté des adoptants et surtout la taille croissante des parcelles en semis direct au sein des exploitations attestent d'un impact significatif en termes économiques (augmentation de la productivité, intégration au marché, accroissement des revenus). Plusieurs raisons peuvent sans doute expliquer cette évolution locale. Tout d'abord les résultats d'une recherche-développement performante, une large gamme de systèmes de culture adaptables aux diverses conditions agro-écologiques et catégories d'agriculteurs ayant été mis au point. Ensuite le rôle important que joue le soutien d'un projet d'aménagement et de développement local. Son originalité est d'adopter une démarche globale et intégrée à dominante socio-éco-territoriale qui apporte des réponses sur mesure au système de contraintes auquel font face les paysans et exerce un effet de levier sur l'adoption. Ces résultats sont d'autant plus encourageants que ce projet constitue le prototype en vraie grandeur de la mise en application de l'approche sur laquelle repose le programme national Bassins versants-Périmètres Irrigués que le Gouvernement promeut pour l'ensemble du pays.

L'expérience du Lac Alaotra fait par ailleurs la démonstration que la conjonction entre une offre technique performante et adaptée aux contraintes et aux besoins des paysans, d'une part, et l'existence d'un environnement économique et social favorable dans un contexte politique et institutionnel volontaire, d'autre part, permet une diffusion rapide de ces techniques et une amélioration des conditions des paysans, même dans le cadre d'une petite agriculture familiale à faibles ressources.

les appuis techniques nécessaires. Par ailleurs, les phénomènes d'érosion catastrophiques rencontrés dans la vallée entraînent l'inondation et l'ensablement des rizières des périmètres : 90 à 100 000 m³ de sable se déversent sur les rizières de la vallée tous les ans .

Le développement des techniques de semis direct sur couverture végétale apporte une double contribution à la résolution de ces contraintes. Les SCV permettent d'accroître les revenus des petites exploitations agricoles dont les gains générés sur la simple rizière irriguée ne suffisent pas à payer leur contribution monétaire aux associations d'usagers de l'eau. Les bons résultats obtenus avec les cultures pluviales sur les collines (systèmes à base de riz pluvial, de maïs, de manioc ou de légumineuses vivrières locales comme l'arachide ou le voanjobory) ainsi que la possibilité de



Paysans adoptants, Vallée Marianina, Lac Alaotra

Références bibliographiques

Chabierski S, Andriamala H (2004). Rapport de campagne agricole de la saison des pluies 2003-2004, Madagascar, BRL-BVLAC-AFD-GSDM, 28p.

Chabierski S, Andriamala H (2005). Rapport de démarrage de la campagne de la saison des pluies 2004-2005, Madagascar, BRL-BVLAC-AFD-GSDM, 21p.

Charpentier H, Andriantsilavo M, Andriamandraivonona H, Razanamparany C (1999). Projet d'appui à la diffusion de l'agro-écologie à Madagascar, rapport de campagne 1998-1999, Madagascar, CIRAD/TAFA/AFD, 204 p.

Charpentier H, Andriantsilavo M, Andriamandraivonona H, Razanamparany C (2004). Projet d'appui à la diffusion de l'agro-écologie à Madagascar, rapport de campagne 2002-2003, Madagascar, CIRAD/TAFA/AFD, 72 p.

GSDM (2004): Stratégie du GSDM pour la mise au point, la formation et la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar, Madagascar, GSDM, 28 p.

Husson O, Rakotondramana, Séguy L (2004). Le semis direct sur couverture végétale permanente, enjeux et potentiel pour une agriculture durable à Madagascar - CIRAD/GSDM, Madagascar, 8p.

Olivier D (2000). Analyse de l'adoption du système de culture de semis direct sur couverture végétale au lac Alaotra, à Madagascar. Mémoire CNEARC-ENSAT-CIRAD (DAA et DAT), octobre 2000, 91 p.

Raunet M, Séguy L (1998). Gestion agrobiologique et semis direct : enjeux pour l'agriculture tropicale - OCL, vol.5, N°2, mars/avril 1998, pp 123-125.

Séguy L, Bouzinac S (1996). L'agriculture brésilienne des fronts pionniers - Agriculture et développement, N° 12.

Séguy L (2001). Quelques éléments simples et utiles : - à la compréhension de la démarche du CIRAD-CA en matière d'agro-écologie - à la rédaction d'un projet scientifique SCV - document Cirad, 2001, 23 p.

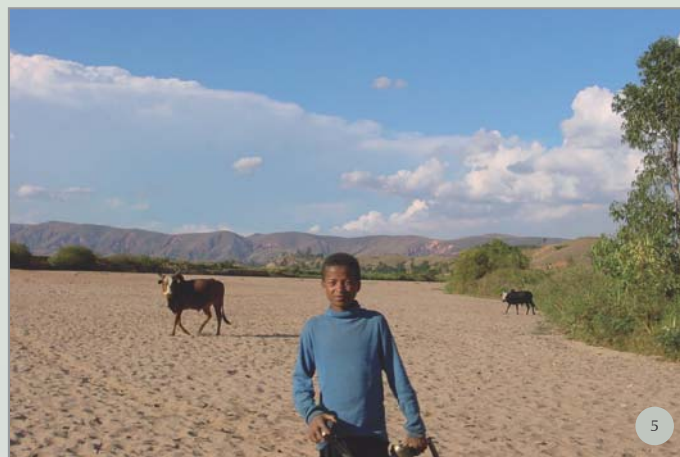
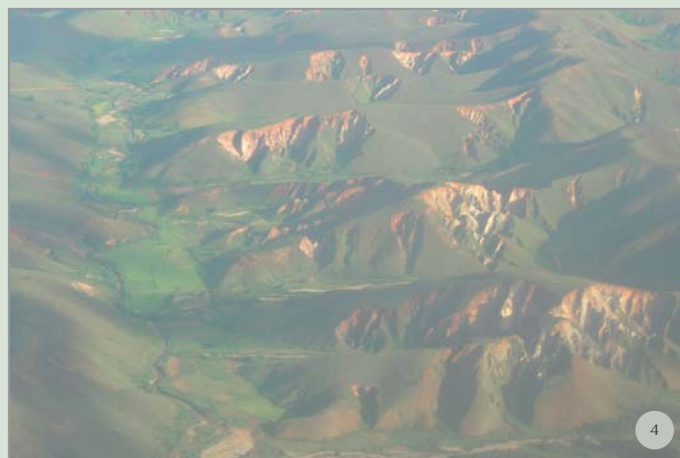
Séguy L (2002). Rapport de mission à Madagascar du 7 au 22 octobre 2002 - Document CIRAD, 2002, 40 p.

Séguy L et al. (2001) - CD ROM Systèmes de cultures sur couverture végétale, CIRAD.

Site internet : <http://www.agroecologie.cirad.fr>



Visite aux champs avec des paysans, Lac Alaotra
Photo: P. Grandjean



1 Forte érosion dans du riz pluvial

2 Tanety très dégradées et rizières menacées

3 Rupture de digue et ensablement de rizières

4 Lavaka et rizières

5 Rivière de sable en aval de lavaka

6 Revégétalisation des tanety (*Brachiaria brizantha*). Photo: K. Naudin.



5^{ième} partie

Les SCV à Madagascar

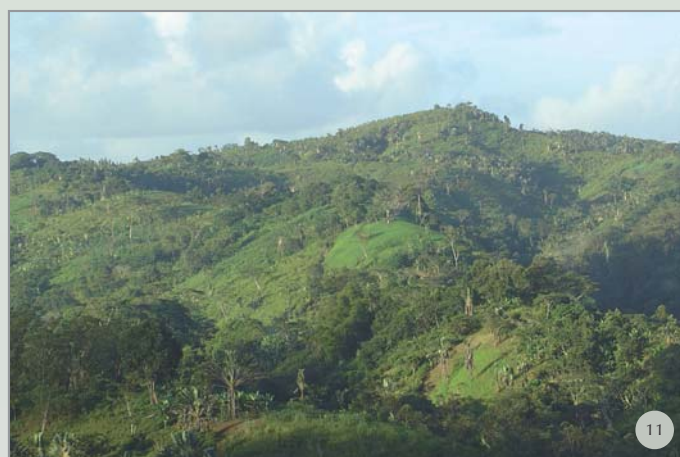
Quelques images



Photo: L. Séguy

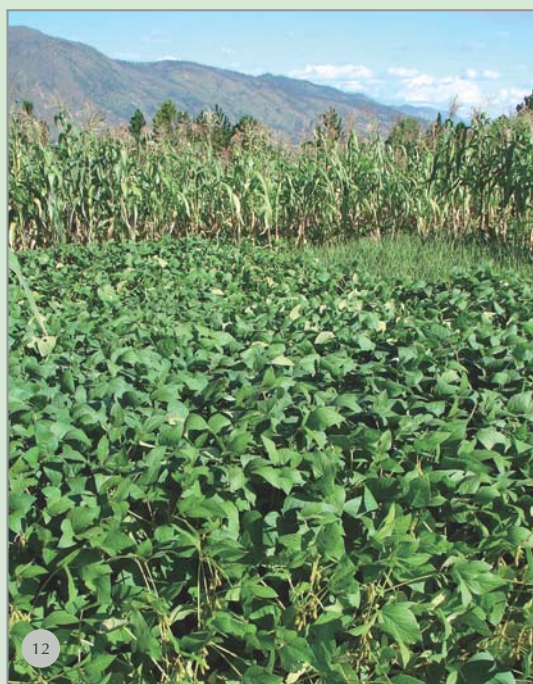


Photo: K. Naudin



Paysages de Madagascar

- 7 *Hauts plateaux*
- 8 *Lac Alaotra*
- 9 *Sud-Ouest*
- 10 *Bas-fonds du Sud-Est*
- 11 *Forêts et tavy dans le Sud-Est*



- 12 Soja sur Kikuyu et maïs sur Desmodium (Hauts plateaux)
- 13 Haricots sur Kikuyu vif (Hauts plateaux)
- 14 Pomme de terre paillée après écobuage (Hauts plateaux)
- 15 Mais + Cajanus cajan (Lac Alaotra)
- 16 Riz Sebota 68 après Dolique (Lac Alaotra)



Photo: P. Grandjean

- 17 Maïs sur *Arachis pintoï* (Lac Alaotra)
- 18 Riz Sebota 70 après Dolique (Lac Alaotra)
- 19 Manioc + *Brachiaria ruziziensis* (Lac Alaotra)
- 20 Niébé sur *Cynodon dactylon* (Lac Alaotra)
- 21 Riz pluvial + Niébé après écobuage (Lac Alaotra)



22



23



24

Photo: H. Charpentier



25



26

- 22 Site de références (Sud-Ouest)
- 23 Maïs + Dolique (Sud- Ouest)
- 24 Riz pluvial après drainage de bas-fonds (Sud-Est)
- 25 Riz + Niébé après écobuage (au fond), riz paillé (milieu) et riz après labour (premier plan) (Sud-Est)
- 26 Arbres fruitiers dans *Brachiaria humidicola* (reprise de *l'Imperata cylindrica*, Sud-Est)



Riz Sebota 68 après Stylosanthes guianensis sur baiboho au lac Alaotra

La participation au III Congrès Mondial d'Agriculture de Conservation et la réalisation de ce document ont été financées dans le cadre du projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar par:

